

Technická univerzita v Liberci

Ekonomická fakulta

Studijní program: B 6209 Systémové inženýrství a informatika

Studijní obor: Podnikatelská informatika

Statistické metody řízení jakosti

Statistical methods of quality management

BP-EF-KIN-2010-10

Zdeněk Pernica

Vedoucí práce: doc. Ing. Klára Antlová, Ph.D., KIN

Konzultant: Ing. Vladimír Jaroš, GQA, Škoda Auto, a.s.

Počet stran: 45

Počet příloh: 5

Datum odevzdání: 29. 4. 2010

Poděkování:

Děkuji paní doc. Ing. Kláře Antlové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a metodickou pomoc, které mi pomohly při zpracování této bakalářské práce.

Děkuji panu Ing. Vladimíru Jarošovi, zaměstnanci oddělení GQA podniku Škoda Auto, a.s., za poskytnuté informace, cennou podporu a spolupráci při analýze problematiky jakosti.

Prohlášení:

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci, 29. 4. 2010

.....

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá problematikou managementu jakosti v podnicích, klade značný důraz na využívání nejrůznějších metod v jednotlivých činnostech managementu jakosti, přičemž se konkrétněji zaměřuje na nejpoužívanější statistické metody. Úvodní část a první kapitola stručně vysvětlují pojem jakost a poukazují na význam jakosti v tržním dynamicky se rozvíjejícím hospodářství. Uvádějí základní koncepce, na kterých se vytvářejí systémy managementu jakosti organizací. Druhá kapitola je z počátku věnována základním pojmům vyskytujícím se v oblastech technické statistiky. Dále se zaměřuje na základní statistické metody a nástroje využívané managementem jakosti především v činnostech realizace a zlepšování jakosti. Poslední kapitola prakticky popisuje aplikaci jednotlivých statistických metod k zajištění kvality ve vybraném průmyslovém podniku Škoda Auto, a.s., který je největším průmyslovým podnikem v České republice s více než stoletou historií výroby automobilů.

ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with the issue of quality management in enterprises; it emphasizes the application of various methods in individual activities within quality management and concentrates on the most frequently used statistical methods. The introductory part and Chapter One briefly explain the concept of quality; the significance of quality in the dynamically developing market economy is set forth. Basic conceptions are introduced that create the quality management systems of organizations. The beginning of Chapter Two is devoted to basic terminology applicable in technical statistics. Then the chapter focuses on the basic statistical methods and tools used in quality management particularly with respect to activities aimed at quality implementation and improvement. The last chapter provides a practical description of application of individual statistical methods serving the ascertainment of quality in the selected branch of Škoda Auto, a.s. as the largest industrial enterprise in the Czech Republic with more than a hundred year history of car manufacturing.

KLÍČOVÁ SLOVA	KEYWORDS
jakost, kvalita	quality
řízení jakosti, kvality	quality management
proces	process
statistické metody	statistical methods
regulační diagram	control chart
způsobilost procesu	process capability

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. PRINCIPY A POŽADAVKY NA SYSTÉM ŘÍZENÍ KVALITY	12
2.1. Co je to jakost	12
2.2. Systémy managementu jakosti a jejich význam	13
2.3. Historický vývoj managementu jakosti	14
2.4. Principy systému managementu jakosti.....	16
2.5. Audit kvality	17
2.6. Certifikace jakosti	18
3. STATISTICKÉ METODY V NÁVAZNOSTI NA ZAJIŠTĚNÍ KVALITY	19
3.1. Princip nasazování metod kvality	19
3.2. Základní pojmy statistického řízení kvality	20
3.2.1. Variabilita procesu	20
3.2.2. Normální rozdělení.....	20
3.2.3. Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení	20
3.2.4. Základní vlastnosti normálního rozdělení hodnot.....	21
3.3. Základní nástroje řízení kvality	22
3.3.1. Statistické řízení procesu.....	23
3.3.1.1. Regulační diagramy	24
3.3.1.2. Způsobilost procesu.....	26
3.3.2. Histogram	30
3.3.3. Diagram příčin a následků.....	31
3.3.4. Paretův diagram.....	32
4. POPIS APLIKOVANÝCH METOD KVALITY V PRŮMYSLOVÉM PODNIKU..	35
4.1. Představení společnosti Škoda Auto a.s.	35
4.1.1. Integrovaný systém řízení (IMS) ve společnosti Škoda Auto.....	35
4.2. Šroubové spoje v automobilovém průmyslu	36
4.2.1. Kontrolní dotahovací momenty Mkd1, Mkd2.....	36
4.2.2. Metodika pro zjišťování a stanovení tolerančních mezí Mkd1, Mkd2	37
4.2.3. Rozhodnutí o novém postupu při stanovení Mkd1, Mkd2.....	37
4.3. Vývojový diagram pro výpočet Mkd1, Mkd2	39
4.4. Optimalizace prostředí v programu qs-STAT	41

4.4.1. Zadání spoje	42
4.4.2. Výpočet Mkd1, Mkd2	44
4.4.2.1. Statistická kontrola naměřených hodnot	44
4.4.2.2. Stanovení DZM, HZM pro Mkd1, Mkd2	47
4.4.3. Regulační diagram.....	47
4.4.4. Tisk uložených formulářů	48
4.4.5. Přepočítání zásahových mezí DZM, HZM	50
4.5. Diagram příčin a následků pro Mkd1, Mkd2.....	51
4.6. Celkové zhodnocení nového způsobu stanovení tolerancí Mkd1, Mkd2	52
5. ZÁVĚR.....	54
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56

Seznam zkratek a symbolů

CL	Centrální přímka
CWQC	Company wide quality control
DTM (LSL)	Dolní toleranční mez (Lower specification limit)
DZM (LCL)	Dolní regulační (zásahová) mez (Lower control limit)
EMS	Environmentální systém řízení
GQM	Global quality management
HTM (USL)	Horní toleranční mez (Upper specification limit)
HZM (UCL)	Horní regulační (zásahová) mez (Upper control limit)
IMS	Integrovaný systém řízení
ISMS	Systém řízení bezpečnosti informací
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
KVS	Systém pro správu konstrukčních dat v koncernu Volkswagen
LWT	Životně důležité spoje
Mkd1/Mkd2	Kontrolní dotahovací moment $\frac{1}{2}$
PDM	Montážní výkres
QMS	Systém řízení kvality
SPC	Statistické řízení procesu
TLD	Technická směrnice pro dokumentaci
TQM	Total quality management
VDA	Svaz automobilového průmyslu

Seznam tabulek

Tab. 1 – Nejpoužívanější testy vymezitelných příčin.....	25
Tab. 2 – Seznam příčin způsobujících problém s kolísáním délky řezaných kusů	33
Tab. 3 – Hodnoty zásahových mezí Mkd1, Mkd2 stanovené oběma způsoby	52

Seznam obrázků

Obr. 1 – Soubory procesů managementu jakosti	13
Obr. 2 – Vývoj systémů zabezpečování jakosti ve dvacátém století.....	15
Obr. 3 – Hustota normálního rozdělení pravděpodobnosti s různě velkými σ	21
Obr. 4 – Pravděpodobnost výskytu hodnot v jednotlivých pásmech $x_p \pm 4s$	22
Obr. 5 – Princip statistického řízení procesu	23
Obr. 6 – Příklad regulačního diagramu vytvořeného v programu qs-STAT	25
Obr. 7 – Příklad ukazatelů způsobilosti: $C_p = 1,67$ a $C_{pk} = 1,33$	29
Obr. 8 – Histogram s předepsanými tolerančními mezemi	31
Obr. 9 – Ukázka vypracovaného diagramu příčin a následků	32
Obr. 10 – Paretův diagram.....	34
Obr. 11 – Vývojový diagram výpočtu tolerančních mezí $Mkd1$, $Mkd2$	40
Obr. 12 – Prostředí programu qs-STAT s vytvořenou tlačítkovou lištou	41
Obr. 13 – Vybrání typu spoje	43
Obr. 14 – Masky dílu s vyplněnými údaji	44
Obr. 15 – Pravděpodobnostní síť s posuvníky	46
Obr. 16 – Regulační diagram.....	48
Obr. 17 – Vyber díl z databáze	49

1. ÚVOD

V současných podmínkách prohlubujících se tržních vztahů a otevřenosti ekonomiky jsou české průmyslové podniky stále více konfrontovány se situací na vyspělých mezinárodních trzích, kde v ostré soutěži začíná mít stále důležitější úlohu vedle výše cen i spokojenost zákazníků, která má přímý vliv na zisky a rentabilitu. Základním momentem podniků a jejich schopnosti prosadit se na trhu a nalézt pro své výrobky odbytu u zákazníků je především technický rozvoj, investice do nových technologií zvyšujících produktivitu práce, snižování energetických a surovinových atributů, které přímo souvisí s nastaveným systémem řízení kvality v jednotlivých podnicích.

Úkolem pracovníků oddělení kvality je tedy definovat zavádění nařízení, dohlížet na jejich aplikaci a především analyzovat výsledky a navrhnout možná zlepšení¹.

V praxi jsou nejčastěji používanými, snadno aplikovatelnými a účinnými metodami řízení jakosti moderní statistické metody. Podmínkou použití těchto metod v praxi je mít k dispozici vysoce výkonné informační technologie vybavené vhodným softwarem a získaná data, kde je naší povinností z těchto dat vytěžit co nejvíce vědomostí použitelných pro pochopení stavu věci a správné rozhodování. V naměřených datech leží nemalé úsilí a čas strávený při jejich získávání, ale také, jsou-li objektivní a ne vymyšlená, i množství informací, které lze získat jejich analýzou a správnou interpretací. Prosazuje se názor, že člověk, který s daty disponuje, je také odpovědný za získání těchto informací a jejich správné použití².

¹ RYŠÁNEK, P., aj. *Kvalita v podmínkách Evropské unie*. Ostrava: MONTANEX, a.s., 1998, 173 s. ISBN 80-7225-010-8.

² KUPKA, K. *Statistické řízení jakosti*. Pardubice: TriloByte STATISTICAL SOFTWARE, 1997, 1 s. ISBN 80-238-1818-X.

2. PRINCIPY A POŽADAVKY NA SYSTÉM ŘÍZENÍ KVALITY

2.1. Co je to jakost

Existuje několik definic, které vysvětlují pojem jakost. Ty jednodušší definice uvádějí, že jakost je neustálé uspokojování a překonávání požadavků zákazníků. Tedy výrobek je kvalitní, pokud zákazník neshledá rozdíl mezi očekávanými a skutečně získanými zkušenostmi s používáním výrobku. V některých případech mohou získané zkušenosti překročit očekávání. Pro podniky je stěžejní definice, kterou uvádějí normy řady ISO³ 9000. Ty říkají, že jakost je míra splnění požadavků souborem inherentních znaků. Zde se požadavky nemyslí pouze očekávání zákazníků, ale také požadavky v podobě předpisů, zákonů, norem apod. Inherentními znaky ve výše uvedené definici jakosti se rozumí znaky jakosti, které jsou pro daný výrobek typické. Znaky se mohou dělit na kvalitativní a kvantitativní. Každý typ výrobku má své specifické znaky. Kvalitativní jsou neměřitelné (barva, vůně, design). Kvantitativní jsou měřitelné (výkon, délka, váha).

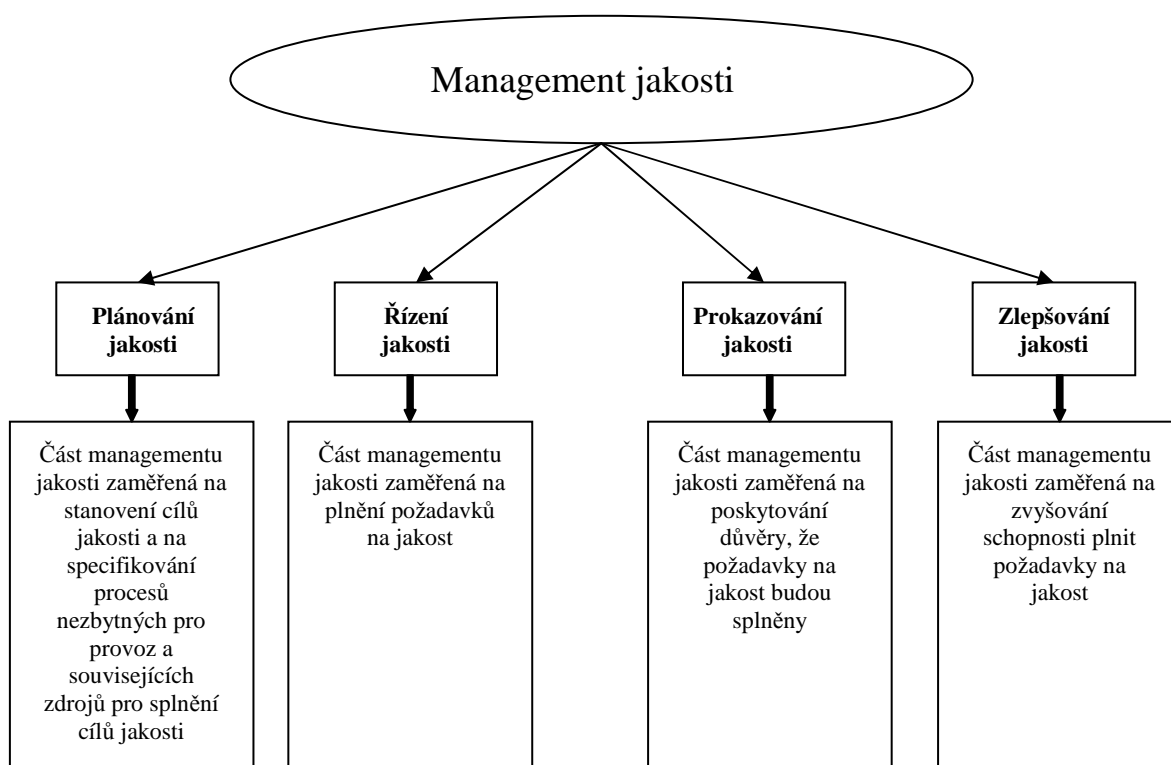
Pokud zákazník hodnotí, zda je výrobek podle něj kvalitní, zaměřuje se především na následující vlastnosti:

- technické a funkční
- ekonomiku provozu
- bezpečnost
- ergonomické
- ekologické
- spolehlivost
- dodat včas
- dodat na správné místo
- ve správném množství
- poskytnout poradenství a servis
- nabídnout doplňky a inovace

³ ISO-Mezinárodní organizace pro normalizaci se sídlem v Ženevě, založena v roce 1947

2.2. Systémy managementu jakosti a jejich význam

Aby organizace co nejvíce uspokojila potřeby a předčila očekávání zákazníků, musí se zaměřit na řízení jakosti nejen ve výrobě, nýbrž zapojit řízení jakosti do všech fází života výrobku. To znamená od kvalitního marketingového průzkumu až k zajištění pogramančního servisu. Z důvodu dosažení maximální jakosti v těchto jednotlivých fázích jsou v podnicích zavedeny systémy managementu jakosti, což je část managementu organizace, jejíž hlavním úkolem je zajistit spokojenost zákazníků co nejefektivnějším způsobem. Jedná se tedy o souhrn všech provozních metod, činností, procesů, informací, které vedou k naplnění stanovených cílů jakosti. Hlavní činnosti managementu jakosti jsou zobrazeny na obrázku 1. Plánování jakosti určuje, jakých cílů má organizace v oblasti jakosti dosáhnout, a které nástroje, metody a zdroje má k tomu využít. Řízení jakosti má za úkol nakupování, řízení měřících zařízení a hlavně řízení výrobního procesu. Prokazování jakosti ověřuje a přezkoumává stav systémů managementu jakosti prostřednictvím auditů. Zlepšování jakosti obsahuje činnosti, které napomáhají k dosažení vyšší úrovně, vyšší efektivnosti při plnění požadavků.



Obr. 1 – Soubory procesů managementu jakosti

Zdroj: Nenádál, J., aj. *Moderní management jakosti*. Praha: Management Press, 2008. 42 s. ISBN 978-80-7261-186-7.

Význam managementu jakosti v posledních letech prudce stoupá díky rostoucí tržní konkurenci způsobenou neustále probíhající globalizací.⁴ Pokud chtějí podniky v konkurenčním prostředí přežít, musí řízení jakosti věnovat maximální pozornost.

Z dlouhodobého sledování řízení jakosti ve vybraných organizacích je dokázáno, že účinný systém managementu jakosti vede :

- k zajištění stabilní ekonomické výkonnosti podniku
- k ochraně před ztrátami trhů
- ke změnám v osobním rozvoji zaměstnanců
- k rychlému reagování na měnící se požadavky zákazníků
- k úspoře energie a materiálu
- k rozvoji podnikové kultury okolní společnosti

2.3. Historický vývoj managementu jakosti

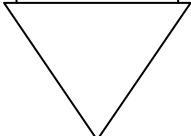
Pojem jakost se v obchodě používal už od pradávna, kdy každý člověk přemýšlel nad tím, zda mu bude daný výrobek, který smění na trhu, sloužit dle jeho požadavků a bude s jeho užíváním spokojen. Vývoj jakosti je tedy mnohaletým procesem, který se stále dramaticky rozvíjí.

Ve fázi řemeslné výroby zákazník přesně definoval svoje požadavky a představy o výrobku sdělil dělníkovi, který se je snažil realizovat. Největší výhoda spočívala v přímé komunikaci mezi dělníkem a zákazníkem, ve které zákazník poskytoval dělníkovi jakousi okamžitou zpětnou vazbu na výrobek. V dnešní době se tento model používá pouze u drahého luxusního zboží. Naproti tomu nevýhodou modelu byla nízká produktivita práce. Řemeslná výroba se začala nahrazovat modelem, který obsahoval první výrobní linky a měl přesně určené pracovníky odpovědné za jakost-technické kontrolory. Nedostatek byl v nezapojení všech zaměstnanců do péče o jakost. Dále se po II. světové válce vyvinuly metody na statistické řízení procesu, které se postupem času zaváděly i do dalších oblastí činností podniku, jako jsou předvýrobní a plánovací etapy anebo povýrobní etapy spojené se servisem. Vzniknul tak Company Wide Quality Control (CWQC), což byl jeden

⁴ Globalizace-proces, který zvyšuje vzájemnou závislost trhů a výroby v zemích celého světa díky dynamice obchodu se zbožím a službami, technologií a mobilitou kapitálu.

z prvních moderních systémů jakosti, v němž se odpovědnost za jakost přesunula na vrcholové vedení organizace. Další snahy zdokonalit tento přístup vedly ke vzniku modelu Total quality management (TQM), který se prudce vyvíjí i v současné době. V roce 1987 se zrodila koncepce ISO, která klade důraz na rozsáhlou dokumentaci všech procesů v organizaci. Nejmodernější koncepce je Global quality management (GQM), která se také označuje jako Integrovaný systém řízení zahrnující systém managementu kvality s environmentálním managementem a bezpečnost.

Typ modelu	Roky	Charakteristika
Model řemeslné výroby	1900	← Dělník
Model výrobního procesu s technickou kontrolou	1920	← Technická kontrola
Model výrobního procesu s výběrovou kontrolou	1940	← Statistické metody technické kontroly
Model s regulací výrobních procesů	1960	← CWQC
Model výrobních procesů s koncepcí TQM	1975	← TQM
Model dokumentovaných procesů	1987	← Normy ISO řady 9000
	2000	← GQM



Obr. 2 – Vývoj systémů zabezpečování jakosti ve dvacátém století

Zdroj: NENADÁL, J, aj. *Moderní systémy řízení jakosti*. 2. vyd., PRAHA:Management Press, 2007. 21.s., ISBN 978-80-7261-071-6.

2.4. Principy systému managementu jakosti

Každá organizace, která se rozhodne vybudovat efektivní systém managementu jakosti, musí striktně dodržovat určité principy, na kterých bude daný systém vytvořen a bude správně fungovat. Mezi nejdůležitější principy patří:

- **orientace na zákazníky** - existence každé organizace je závislá na chování zákazníků, jejich loajalitě, a proto se musí tomuto principu věnovat maximální pozornost.
- **vůdcovství** - vrcholoví manažeři musí motivovat všechny zaměstnance k nejlepším pracovním výkonům v zájmu organizace.
- **zapojení lidí** - zapojením zaměstnanců do důležitých aktivit organizace se dosáhne vytvoření předsudku být odpovědný nejenom za vlastní výsledky práce, ale i za výsledky vlastní organizace.
- **princip všeobsažnosti** - zajistit zabezpečování a zlepšování jakosti ve všech činnostech podniku.
- **princip matematické podpory** - umožňuje rozhodování na základě faktů, bez kterého se žádný moderní podnik neobejde. Právě pro účely managementu jakosti bylo speciálně vyvinuto nebo upraveno množství metod a nástrojů, využívajících mnohé části aplikované matematiky, zejména pravděpodobnosti a statistiky. Je smutnou skutečností, že nasazení těchto nástrojů v předvýrobních, výrobních i podvýrobních etapách je v našich firmách spíše zatím výjimkou, a bylo by nesporně zajímavé zkoumat, do jaké míry je bariérou jejich prosazování v praxi např. i nízká úroveň vědomostí řídicích pracovníků z této oblasti⁵.
- **procesní přístup** - vychází z pravdivého tvrzení, že lepších ekonomických výsledků se dosáhne, když jsou zdroje činnosti a zdroje řízeny jako proces. Za proces je možno považovat soubor dílčích činností měnících vstupy na výstupy za spotřeby určitých zdrojů v regulovaných podmínkách⁶.
- **systémový přístup k managementu** - soubor na sebe navazujících procesů je chápán jako systémový přístup managementu. Organizace efektivněji dosahuje svých cílů.

⁵ NENADÁL, J., aj. *Moderní systémy řízení jakosti*. 2. vyd. Praha: Management Press, 2007. 33 s. ISBN 978-80-7261-071-6.

⁶ NENADÁL, J. *Měření v systémech managementu jakosti*. Praha: Management Press, 2004. 15 s. ISBN 80-7261-110-0.

- **neustálé zlepšování** - pružně přizpůsobovat nabídku novým zákaznickým požadavkům, odstranit nedostatky ve všech činnostech na všech úrovních řízení. Výsledkem by měl být dokonalejší systém managementu jakosti.

2.5. Audit kvality

Audit kvality je jedna ze tří forem sloužících k přezkoumávání jakosti a ověřování funkčnosti celého systému jakosti.

Definice podle ČSN EN ISO: „*Audit kvality je systematický, nezávislý a dokumentovaný proces pro získání důkazu a pro jeho objektivní hodnocení s cílem stanovit rozsah, v němž jsou splněna kritéria auditu*“⁷.

Auditní činnosti tedy podávají informace o stavu managementu jakosti a procesech v něm probíhajících vrcholovému vedení. Na základě těchto získaných skutečností vrcholový management rozhodne o opatřeních, s cílem zlepšit fungování systému managementu jakosti.

Existují 4 druhy auditů z hlediska auditovaných objektů:

- **audit jakosti výrobku** - prověřuje, zda je výrobek způsobilý plnit požadavky zákazníků. Měřením a testováním výrobku se zjišťují jeho funkční parametry, úroveň bezpečnosti a spolehlivosti.
- **audit jakosti procesů** - vyhodnocuje efektivnost určitého procesu, vhodnost použití pracovních postupů a jednotlivých činností, při kterých vzniká výrobek. Je nutné, aby při tomto auditu byl aspoň jeden z členů auditorů odborníkem na prověřovaný proces.
- **audit pracovníků** - tímto auditem je ověřována způsobilost personálu managementem. Provádí se za účelem zvýšit využívání schopností zaměstnanců.
- **audit systému jakosti** - vyhodnocuje úroveň a efektivnost systému jakosti v auditovaném podniku. Systémové audity jsou prováděny externími pracovníky.

⁷ Norma ČSN EN ISO 9000 Systémy managementu jakosti – Základy, zásady, slovník. Praha: ČNI, 2001.

2.6. Certifikace kvality

Organizace, která má vybudovaný systém managementu kvality se stanovenou politikou a cíli, kterých má být dosaženo, může usilovat o certifikát systému kvality.

Pro získání certifikátu o stavu systému managementu kvality musí podniky úspěšně obstát při certifikačním auditu, který je prováděn třetí stranou, tzn. externí auditorskou společností. Certifikát slouží podniku k získání důvěry u svých odběratelů. Podnik na základě předložení získaného certifikátu prokazuje, že vyrábí kvalitní produkty v souladu s mezinárodními normami. Certifikát napomáhá organizaci k získání důvěry u zákazníků při uzavírání obchodních smluv. V dnešní době usiluje o získání certifikátu managementu kvality mnoho firem z důvodu získání konkurenční výhody a vyššího tržního podílu.

3. STATISTICKÉ METODY V NÁVAZNOSTI NA ZAJIŠTĚNÍ KVALITY

3.1. Princip nasazování metod kvality

Pro zabezpečování kvality využívá systém managementu kvality organizace nejrůznějších metod a nástrojů. Metody se aplikují ve všech hlavních činnostech managementu kvality.

Mezi hlavní činnosti managementu kvality patří:

- plánování jakosti
- realizace jakosti
- prokazování jakosti
- zlepšování jakosti

V každé z těchto výše uvedených činností musí management kvality využívat ty metody a nástroje, které pomohou úspěšně naplnit stanovené cíle kvality. Nasazují se takové preventivní metody, které se snaží cíleněji vyvarovat vzniku problémů od fáze zjišťování zákaznických požadavků na daný produkt až po jeho konečnou realizaci. Tím více napomáhají zajistit požadavky zákazníků. Včasné nasazování správných metod vede k naplnění třech hlavních cílů kvality:

- realizaci požadavků zákazníka na výrobky
- vyvarování se závadám ve fázích vývoje a plánování
- úspoře peněz

Zlepšování jakosti i celkové výkonnosti organizace má být trvalým cílem organizace. Úplné naplňování činnosti zlepšování jakosti je proveditelné pouze při soustavném sběru, zpracování a analyzování údajů o procesu. Nejúčinnějšími nástroji pro zlepšování jakosti jsou statistické metody, jejichž správnou aplikací se dosáhne už zmíněné analýzy procesu. Správnou aplikací statistických metod a operativním rozhodováním výrobce dokáže zvýšit jakost procesu a zredukovat počet vyrobených neshodných (vadných) výrobků, což povede ke snížení nákladů na výrobu. Ukazatelem míry dosahované kvality procesu je variabilita naměřených hodnot. Snížení variability procesu prokazuje zvýšení úrovně kvality daného procesu. Statistické metody využívané ke zlepšení procesu jsou dále v této kapitole uvedeny a vysvětleny.

3.2. Základní pojmy statistického řízení kvality

3.2.1. Variabilita procesu

Přirozenou vlastností každého procesu je jeho variabilita. Variabilita je způsobena množstvím vlivů působících na proces a jeho výstupy. Ve výrobním procesu je tedy prakticky nemožné vytvořit dva stejné produkty, i když se vyrábějí ve stejných podmínkách. Odstranění variability je neproveditelné, ale je možné ji analyzovat a udržovat na přijatelné úrovni pro splnění podmínek kvality, aby se co nejvíce eliminoval vznik vadných výrobků. Vlivy způsobující variabilitu lze rozdělit do dvou skupin:

1. **náhodné vlivy** – je jich velké množství, ale každý působí na proces v malém rozsahu (chvění stroje, psychický stav pracovníka). Jejich působení nemůže být odstraněno, ale pouze částečně eliminováno. Způsobují stabilní variabilitu, pomocí které lze předvídat další chování procesu. Působením pouze náhodných příčin, lze daný proces regulovat a udržovat na požadované úrovni.
2. **vymezitelné vlivy** – jejich působení zapříčiňuje velké odchylky od požadované hodnoty znaku kvality. Tyto vlivy mohou nastoupit náhle (zlomení nože) nebo postupně (pozvolné opotřebení nože). Každý vymezitelný vliv lze odhalit a jeho působení eliminovat v poměrně krátké době.[4]

3.2.2. Normální rozdělení

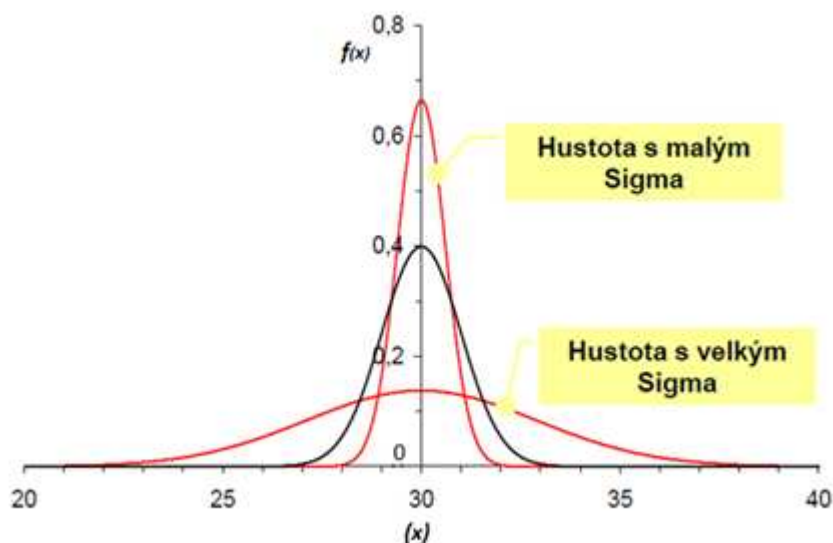
V oboru jako je statistika můžeme sledovat, že náhodné veličiny třeba úplně odlišného významu mají velice často stejné nebo velice podobné pravděpodobnostní rozdělení. Jde o tzv. **normální rozdělení**. Normální rozdělení je tvořeno hodnotami náhodné veličiny, které jsou dané vzájemným působením velkého počtu nepatrných vlivů. Ve všech oborech se tedy předpokládá to, že všechny libovolně získané údaje se řídí normálním rozdělením, nebo se mu aspoň podobají.

3.2.3. Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení

Normální rozdělení se nejčastěji vyjadřuje pomocí grafu hustoty pravděpodobnosti. Okolo maximální hodnoty na křivce se nachází více naměřených hodnot než na stejně širokém

intervalu kdekoli jinde na křivce. Střední hodnota μ určuje polohu rozdělení, směrodatná odchylka určuje šířku rozdělení. Pro různá σ má rozdělení různé maximum, neboť plocha pod křivkou je vždy rovna 1. Hustota se pro jednotlivé body x vypočítá ze vztahu:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}} \quad (1)$$



Obr. 3 – Hustota normálního rozdělení pravděpodobnosti s různě velkými σ
Zdroj: interní dokumenty podniku Škoda Auto, a.s. Mladá Boleslav

3.2.4. Základní vlastnosti normálního rozdělení hodnot

Každý soubor obsahuje n hodnot. Tyto hodnoty se označují x_1, x_2, \dots, x_n (obecně x_i). Základním ukazatelem polohy souboru je průměrná hodnota (aritmetický průměr) x_p .

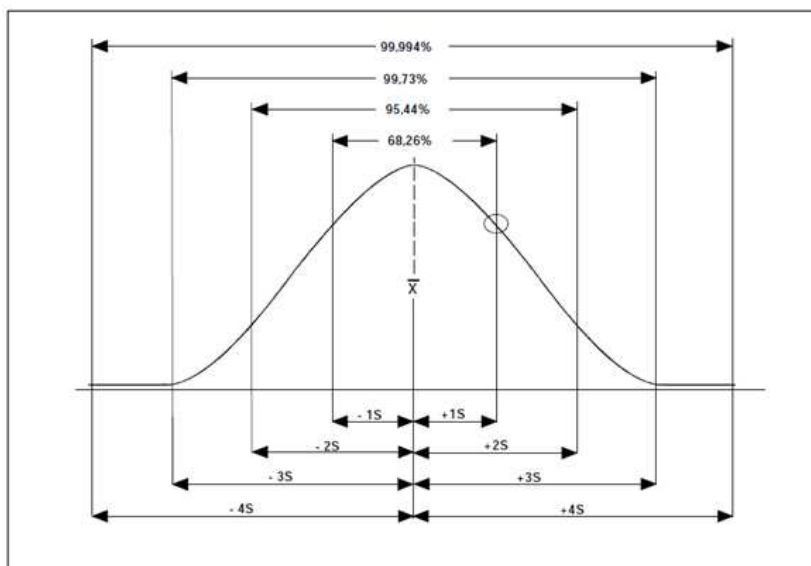
Průměrná hodnota
$$x_p = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

Směrodatná odchylka s , slouží k hodnocení kvality testovaného souboru, který může jako statistický výběr reprezentovat určitý výrobní pochod nebo dodávku.

Směrodatná odchylka
$$\sigma = s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_p)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Směrodatná odchylka ukazuje, o kolik se průměrně liší hodnoty výběrového souboru od aritmetického průměru v obou směrech. Dále s určitou pravděpodobností vypovídá o

rozdělení četnosti hodnot určitého souboru (např. počtu vyrobených dílů) od aritmetického průměru na základě proměření menšího počtu (výběru) náhodně vybraných dílů ze souboru (obrázek 4). Tím je možno stanovit s určitou pravděpodobností (závislou na velikosti výběru) procento dílů mimo předepsané tolerance.



Obr. 4 – Pravděpodobnost výskytu hodnot v jednotlivých pásmech $x_p \pm 4s$
Zdroj: interní dokumenty podniku Škoda Auto, a.s. Mladá Boleslav

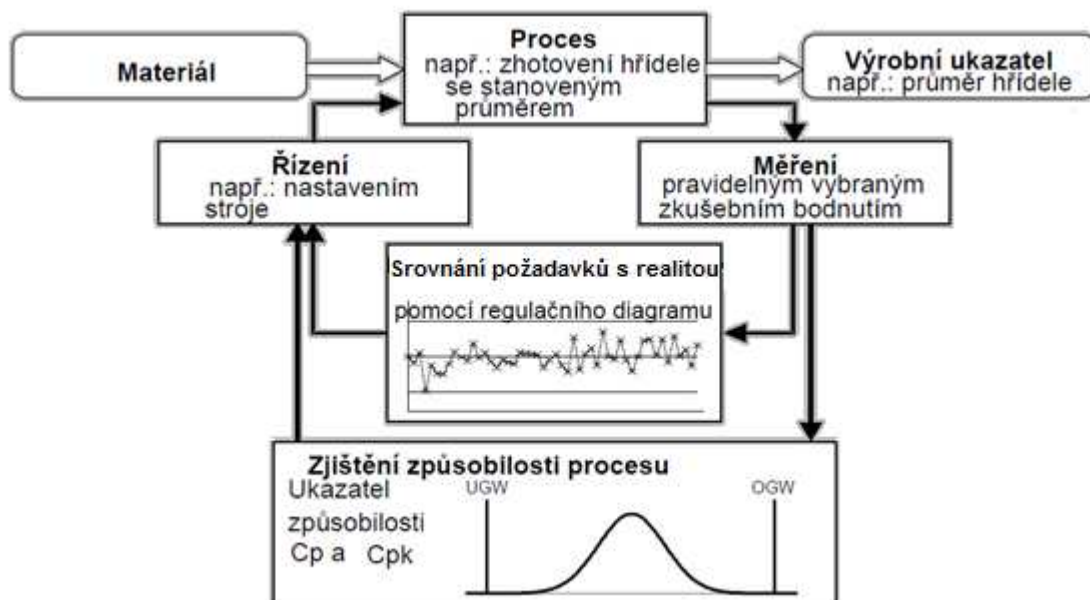
V běžné praxi se považuje proces za způsobilý na úrovni 3s (směrodatné odchylky) od aritmetického průměru v obou směrech. Z obrázku č. 4 je patrné, že při stanovení takovýchto tolerančních mezí bude 99,73% hodnot v intervalu $x_p \pm 3s$, což zaručuje výrobu 0,27% zmetků na výstupu z procesu. Pro jasnější představu bude z milionu vyrobených kusů 2700 zmetků.

3.3. Základní nástroje řízení kvality

Tato podkapitola se zaměřuje na jednoduché statistické a grafické nástroje v řízení kvality, které nacházejí své uplatnění především ve fázích neustálého zlepšování jakosti. Tyto nástroje jsou velice účinné a lze jimi odhalovat značný počet příčin vzniku problémů s jakostí. Níže jsou jednotlivé nástroje uvedeny a popsány metody k jejich sestavení.

3.3.1. Statistické řízení procesu

Statistické řízení procesu (Statistics process control - SPC) je základní metodou ke zlepšování kvality. Je založena na principu „Zabránění závadám namísto jejich zjištění“ a její aplikací lze rozpoznat nežádoucí změny v procesu tak, že mohou být zvolena nápravná opatření dříve, než se objeví významný podíl neshodných výrobků. Sledováním výstupní veličiny (znaku jakosti, parametru procesu) zjišťujeme, zda se proces nachází na stabilní a požadované úrovni, která je specifikována zákazníkem. Pro dosažení stabilní a požadované úrovně výstupní veličiny je důležité neustále sledovat variabilitu procesu, vyhledat a eliminovat příčiny způsobující variabilitu. Statistická regulace procesu se skládá ze dvou řídicích okruhů, jednoho vnějšího, který obsahuje kontrolu způsobilosti procesu, a vnitřního, který využívá techniky regulačních diagramů (obr. 5). Zkoumaný časový úsek v obou kruzích by měl být dostatečně dlouhý, aby se projevil všechny vlivy z kategorie stroj, člověk, materiál, prostředí a metoda. Aby SPC fungovalo co nejúčinněji, je nezbytné sbírat údaje (data) k získání informací o průběhu procesu v obou řídicích kruzích. Sběr dat je prováděn obsluhou stroje nebo samotným zařízením. V moderní průmyslové výrobě se používají automatické měřicí zařízení, které dokážou změřit sledovaný znak jakosti (průměr, délka, utahovací moment), zaznamenat a uložit do určené databáze. Naměřené hodnoty v rámci SPC se využívají k prokazování dlouhodobé způsobilosti procesů.



Obr. 5 – Princip statistického řízení procesu

Zdroj: interní dokumenty podniku Škoda Auto, a.s. Mladá Boleslav

3.3.1.1. Regulační diagramy

Vnitřní kruh statistické regulace procesu je tvořen regulačními diagramy, které jsou základním nástrojem sloužícím ke stálému grafickému zobrazování variability procesu v čase. Znázorněním získaných hodnot do regulačního diagramu můžeme sledovat chování daného procesu a v případě nutnosti do něj zasahovat. Nasazení regulačního diagramu na monitorování procesu musí předcházet důkladná analýza chování procesu v čase.

Pro tvorbu regulačních diagramů je třeba z po sobě jdoucích naměřených hodnot znaku jakosti vypočítat statistické charakteristiky polohy a variability, nejčastěji se poloha vyjadřuje aritmetickým průměrem a variabilita směrodatnou odchylkou. Dále se do regulačního diagramu vkládají horní a dolní regulační meze (Upper Control Limit a Lower Control Limit) spočítané z výběrových charakteristik. Regulační meze určují pásmo, ve kterém se nachází hodnoty výstupní veličiny v případě, že na zkoumaný proces působí pouze náhodné příčiny variability procesu.

Zanesením naměřených hodnot do regulačního diagramu se posuzuje, zda sledovaný proces je či není statisticky stabilní. Staticky zvládnutý proces je stav, ve kterém je variabilita způsobena pouze působením náhodných příčin. Náhodné příčiny variability trvale působí na proces. Jejich působením dostáváme pravidelně stejné rozdělení hodnot znaku jakosti a proces se tedy chová jako stabilní. Naměřené hodnoty vykazující zvláštní trendy nebo hodnoty ležící mimo regulační meze signalizují, že na proces působí vymezipitelné příčiny a proces tak není statisticky stabilní. V tomto případě je nutné proces analyzovat za účelem vyhledání a odstranění příčin, které nestabilitu způsobily.

Princip statistického řízení procesu regulačními diagramy je následující:

- v pravidelných časových intervalech se provádí náměr určitého předem stanoveného počtu produktů
- náměr se provádí u produktů stejného druhu a zároveň u produktů vyrobených za stejných podmínek. U produktů se měří stejný znak jakosti (rozměry, utahovací momenty, počet vad)
- naměřené hodnoty se rozdělí do podskupin o stejném rozsahu. Určení velikosti podskupin závisí na technické náročnosti procesu a na tom, jak moc mají být regulační

diagramy citlivé na změny v procesu. Pro každou podskupinu se spočítá aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

- dále z vypočtených charakteristik se stanoví centrální přímkou CL a regulační meze LCL, UCL podle vztahů uvedených v [4].
- jednotlivé naměřené hodnoty se zanesou do regulačního diagramu a následně se provede analýza regulačního diagramu

Základní dělení regulačních diagramů lze z hlediska charakteru sledovaného znaku jakosti. Pokud jsou znaky jakosti spojité, použijeme regulační diagramy měření, pro diskrétní znaky jakosti pracujeme s regulačními diagramy srovnávání.

Tab. 1 – Nejpoužívanější testy vymezitelných příčin

Popis situace v regulačním diagramu	Vymezitelné příčiny
Body mimo regulační meze	Změna měřidla, měřicího systému, změna prvků v procesu
Šest bodů za sebou stoupá nebo klesá	Opotřebením nástroje, změna prvků v procesu
Devět bodů za sebou leží nad nebo pod centrální přímkou	Změna měřidla, změna způsobu měření
Patnáct bodů v řadě za sebou leží ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	Nesprávně vypočtené regulační meze, nesprávně kalibrované měřidlo, zlepšení procesu

Zdroj: Nenadál, J., aj. *Moderní management jakosti*. Praha: Management Press, 2008. 42 s. ISBN 978-80-7261-186-7.



Obr. 6 – Příklad regulačního diagramu vytvořeného v programu qs-STAT

Nejčastěji se v praxi používají regulační diagramy měření pro průměr a směrodatnou odchylku. Náhled na regulační diagram měření nám poskytne obrázek 6, kde je za sledovaný znak jakosti zvolen průměr. Jedná se o regulační diagram pro sledování aritmetického průměru vypočítaného z průměrů podskupin. Na osu y se zobrazují vypočítané průměry podskupin znaku jakosti z naměřených dat. Na osu x se vynášejí pořadové čísla podskupin, které mohou být více rozlišeny třeba uvedením času, ve kterém byly náměry v podskupinách získány. Červeně jsou zobrazeny dolní a horní toleranční meze, které určují pásmo předpokládaného výskytu naměřených hodnot v případě působení pouze náhodných příčin. Modře jsou znázorněny spočítané regulační meze podle vzorců uvedených v [4].

3.3.1.2. Způsobilost procesu

Způsobilost procesu tvoří vnější kruh statistické regulace procesu. Určení způsobilosti procesu se používá ke zjištění výkonnosti procesu s ohledem na požadovanou jakost výstupu. Pro výrobce je zejména důležité při plánování výroby produktu, protože umožňuje výrobcovi vybrat nejvhodnější proces pro realizaci produktu, dále odhadnout vznik neshodných výrobků, případně provádět nápravná opatření ve výrobním procesu a hodnotit účinnost nápravných opatření. Dnes je velice často hodnocení způsobilosti požadováno odběratelem, který získává informaci o tom, zda se dodávaný produkt neustále vyrábí ve stabilních podmínkách a pravidelně neporušuje stanovená kritéria jakosti.

K hodnocení způsobilosti procesu je nutno využívat nasbíraných hodnot o znacích jakosti naměřených při výrobě produktu. Podmínky pro aplikování metod k určení způsobilosti jsou, že rozdělení hodnot sledovaného znaku jakosti musí pocházet z normálního rozdělení a proces musí být ve statisticky zvládnutém stavu.

Pro hodnocení způsobilosti procesu se postupuje dle těchto kroků:

1. **volba znaku jakosti** – způsobilost procesu by se měla hodnotit u znaků, které jsou pro daný produkt rozhodující a zároveň vystihují úspěšnost procesu. V případě, kdy se hodnotí u produktu více znaků jakosti, je nutné sledovat a analyzovat každý samostatně.

2. **analýza systému měření** – před sbíráním údajů z procesu je nutné analyzovat systém měření a ověřit jeho vhodnost. Nevyhovující systém by mohl vést ke zkresleným výsledkům hodnocení způsobilosti procesu.
3. **shromáždění údajů** – sbírat naměřené hodnoty v dostatečně dlouhém období, aby se do následné analýzy projeví všechny faktory ovlivňující proces. Faktory ovlivňující proces mohou být změny prostředí, obsluhy, technologických parametrů, seřizování výrobního zařízení atd.
4. **posouzení statistické zvládnutosti procesu** – ověřit, zda na proces působí pouze náhodné příčiny variability.
5. **ověření normality sledovaného znaku jakosti** – pro výpočet způsobilosti procesu se využívá vzorců, jež jsou odvozené na základě normálního rozdělení hodnot. Před výpočtem způsobilosti je nutné ze všeho nejdříve získat informaci o tom, zda hodnoty sledovaného znaku jakosti pocházejí z normálního rozdělení. Normální rozdělení hodnot ověříme použitím grafických metod nebo některých statistických testů.
6. **výpočet indexů způsobilosti a jejich porovnání s požadovanými hodnotami** – důvod vzniku indexů způsobilosti byl v potřebě vytvoření jednoduchého nástroje pro porovnávání výkonnosti jednotlivých procesů z hlediska jakosti a schopnosti jejího udržování, či zlepšování. Nejčastěji se k vyhodnocování způsobilosti využívají hodnoty indexů C_p , C_{pk} :

- a) **index způsobilosti C_p** – je míra, která udává, zda sledovaný znak jakosti leží uvnitř tolerančních mezí. Ukazatel schopnosti procesu C_p nám porovnává šířku tolerančního pole (daného technickým předpisem) se skutečnou šířkou rozdělení procesu. Dolní i horní toleranční meze (Upper Specification Limit, Lower Specification Limit) jsou stanoveny jako hranice intervalu $T \pm 3\sigma$, kde T je předepsaná cílová hodnota a σ předepsaná směrodatná odchylka. Nevýhodou indexu C_p je ta skutečnost, že podává informaci pouze o variabilitě procesu, ale ne o poloze procesu, která se určuje střední hodnotou sledovaného znaku jakosti.

Index C_p vypočteme podle vzorce:
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}, \quad (4)$$

kde LSL...dolní toleranční mez

USL...horní toleranční mez

σ ...směrodatná odchylka výběrových hodnot sledovaného znaku
jakosti

Pokud je výsledná hodnota indexu $C_p > 1,33$, je proces z hlediska variability vyhovující (vysoká způsobilost) vzhledem k předepsaným tolerančním mezím. Hodnotit proces jako středně způsobilý můžeme v případě, kdy hodnota indexu C_p se nachází v intervalu $1 \leq C_p \leq 1,33$. Při hodnotě $C_p < 1$ je proces považován nezpůsobilý.

- b) **index způsobilosti C_{pk}** – na rozdíl od indexu C_p počítá kromě variability i se střední hodnotou procesu sledovaného znaku jakosti. Charakterizuje tedy skutečnou způsobilost procesu a jeho schopnost dodržovat předepsané toleranční meze. Index C_{pk} je vždy menší než index C_p , a proto je tedy přísnější. Nevýhodou indexu C_{pk} je to, že změna jeho hodnoty může být způsobena, jak posunutím střední hodnoty znaku jakosti, tak i změnou variability. Při snaze o zlepšení procesu musíme tedy použít grafických analýz k odhalení změněného parametru (μ nebo σ). Index lze spočítat i v případě, je-li stanovena pouze jednostranná mez (LSL nebo USL).

Index C_{pk} se vypočítá podle vztahů:

pro stanovenou pouze dolní mez:
$$C_{pk} = C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}, \quad (5)$$

pro stanovenou pouze horní mez:
$$C_{pk} = C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \quad (6)$$

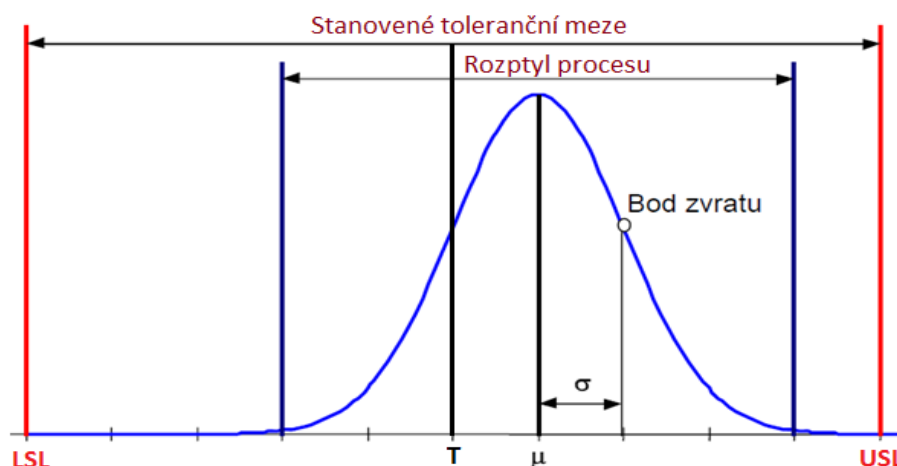
kde μ ...střední hodnota výběrových hodnot sledovaného znaku jakosti

pro stanovenou dolní i horní mez:
$$C_{pk} = \min \{C_{pL}; C_{pU}\} \quad (7)$$

Mezní hodnoty indexu C_{pk} určující způsobilost/nezpůsobilost procesu jsou totožné s mezními hodnotami způsobilosti indexu C_p . [5]

Na obrázku 7 je vidět proces a k němu vypočtené indexy způsobilosti. Proces se považuje za vysoce způsobilý, jelikož oba dva indexy způsobilosti jsou větší nebo rovno hodnotě

1,33. Bod zvratu vyznačuje místo na křivce, kde konvexita se mění na konkávititu a opačně. Bod zvratu je vždy vzdálen $\pm 1\sigma$ od střední hodnoty procesu.



Obr. 7 – Příklad ukazatelů způsobilosti: $C_p = 1,67$ a $C_{pk} = 1,33$
Zdroj: interní dokumenty podniku Škoda Auto, a.s. Mladá Boleslav

Na obrázku 7 je znázorněna předepsaná střední hodnota T s tolerančními mezemi USL , LSL . Dále je prostřednictvím křivky hustoty pravděpodobnosti zobrazen průběh sledovaného procesu s vyznačenou střední hodnotou μ . Sledovaný proces má rozptyl $\mu \pm 3\sigma$, kde velikost jedné σ sledovaného procesu je pro lepší přehlednost rovna jednomu dílku na ose x . Je jasné, že proces je způsobilý, jelikož se nachází uvnitř tolerančních mezí a také střední hodnota procesu není příliš odchýlena od předepsané hodnoty T . Pro snadnější výpočet indexů způsobilosti procesu, je jeden dílek na stupnici roven jedné jednotce sledované veličiny, kde dílek se rovná jednomu σ , konkrétní podoba vzorců indexů způsobilosti po dosazení bude vypadat následovně:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{10}{6 \cdot 1} = 1,67 \quad (8)$$

$$C_{pk} = \frac{\min \{USL - \mu; \mu - LSL\}}{3\sigma} = \frac{\min \{4; 6\}}{3 \cdot 1} = \frac{4}{3} = 1,33 \quad (9)$$

Index C_p porovnává šířku tolerančního pole se skutečnou šířkou procesu. Z obrázku 7 je zřejmé, že proces má malou variabilitu ($\mu \pm 3\sigma$), a tak bezpečně vyhovuje předepsanému tolerančnímu poli s hranicemi USL , LSL . U indexu C_{pk} , který zohledňuje kromě variability i polohu procesu je na první pohled patrné, že od předepsané hodnoty T se střední hodnota procesu μ nachází blíže k horní hranici tolerančního pole. Proto se v čitateli ve vztahu pro

index C_{pk} vybere nižší hodnota (v tomto případě 4), která je rovna rozdílu $USL - \mu$. Výsledek vypovídá o tom, že proces je na hranici vysoké a střední způsobilosti, proto z krátkodobého hlediska není potřeba žádný zásah do procesu. Samozřejmě je nutné proces neustále sledovat a vyhodnocovat pomocí indexů způsobilosti. Případné další přiblížení střední hodnoty k horní toleranční mezi bude vyžadovat analýzu procesu za účelem odhalení faktorů působících na proces. Po odhalení nejzávažnějších faktorů působících negativně na proces se dále navrhnou nápravná opatření s cílem eliminovat působení těchto faktorů na proces a vytvořit trvale stabilní proces bez výraznějších výkyvů.

3.3.2. Histogram

Histogram patří díky svému jednoduchému sestavení mezi oblíbené a v praxi velice často používané statistické nástroje v řízení kvality. Histogram je sloupcový graf se sloupci stejné šířky, který zobrazuje intervalové rozdělení četnosti hodnot znaku jakosti. Jako znak jakosti může být použit rozměr výrobků, pevnost, výkon, teplota, tlak atd.

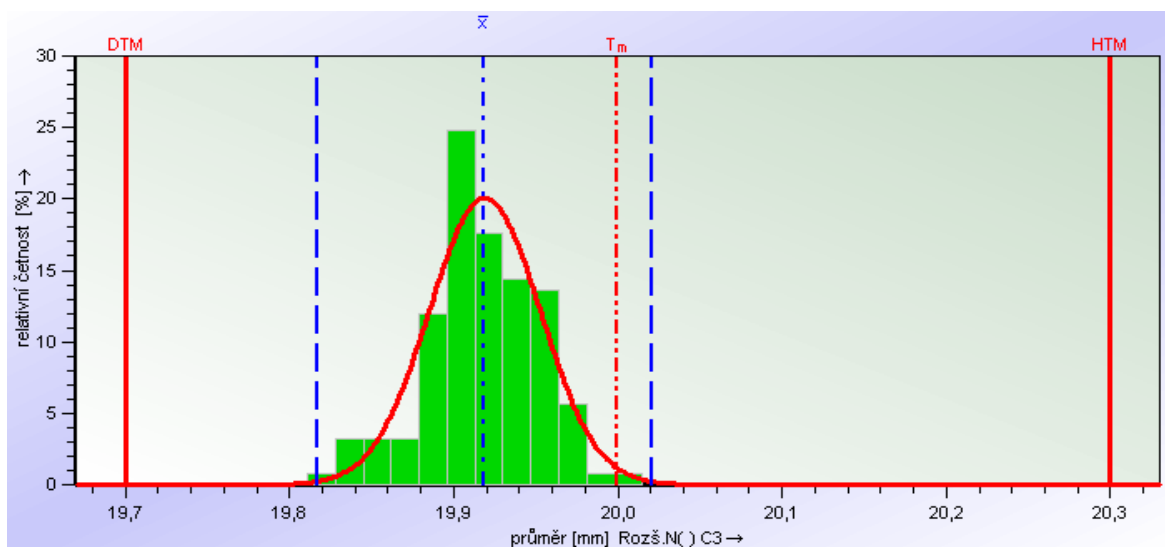
Z tvaru histogramu:

1. se zjistí, zda-li jsou hodnoty sledovaného znaku jakosti normálně rozdělené. Pokud má histogram zvonovitý tvar, pak hodnoty pocházejí z normálního rozdělení.
2. lze vypočítat statistické ukazatele polohy (aritmetický průměr)
3. lze provést prvotní analýzu způsobilosti procesu. Pokud jsou do histogramu zakresleny toleranční meze USL , LSL , předepsaná hodnota T , je možné zjistit způsobilost procesu.

Na osu x se vynášejí ve většině případů stejně široké intervaly obsahující hodnoty souboru, na osu y relativní četnosti jednotlivých intervalů. Průmyslové podniky, které využívají histogramy k vyhodnocování procesů, vytváří histogramy ve statistických softwarových programech.

Na obrázku 8 je znázorněn histogram, který vykazuje normální rozdělení hodnot, jelikož jeho tvar napodobuje křivku hustoty pravděpodobnosti normálního rozdělení. DTM a HTM jsou horní a dolní toleranční meze a T_m je předepsaná střední hodnota. Modré

přerušované čáry stanovují hranici způsobilosti procesu $x_p \pm 3\sigma$, ze které je vidět, že proces neobsahuje hodnoty mimo interval $x_p \pm 3\sigma$. Z hlediska variability hodnot výběrového souboru je možné díky širokému tolerančnímu poli i bez výpočtů určit, že proces je způsobilý. Z hlediska polohy je proces mimo předepsanou střední hodnotu, je nutné stroj seřadit na střed tolerančního pole a monitorovat chování procesu.



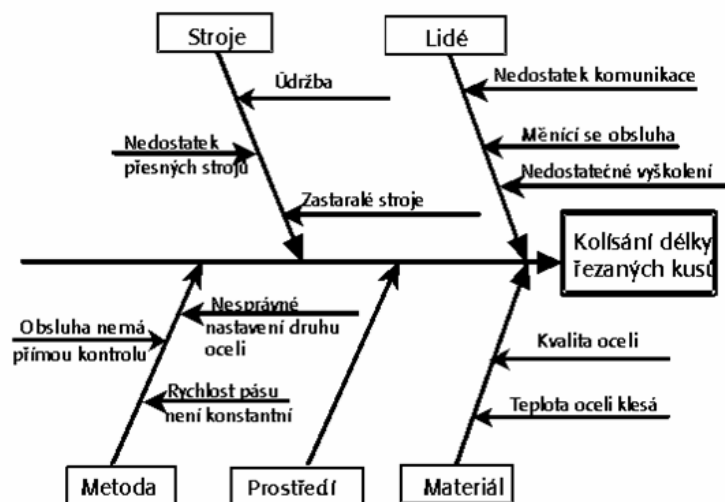
Obr. 8 – Histogram s předepsanými tolerančními mezemi

3.3.3. Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následků je nástroj sloužící ke grafickému znázornění různých faktorů, které ovlivňují kvalitu určitého procesu a tím i výsledný produkt procesu. Jde o jednoduchý, snadno pochopitelný nástroj, který se může aplikovat na všech úrovních řízení.

Pro úspěšné sestrojení diagramu je zapotřebí na vhodné místo a ve vhodnou dobu svolat tým odborníků na daný problémový proces. Před zahájením brainstormingu definovat problém, popř. očekávaný přínos. Poté se vypíší základní oblasti příčin, kterými nejčastěji bývají stroje, lidé, materiál, prostředí a metoda. Brainstorming vede zvolený moderátor, který postupně vyzývá každého člena týmu k formulování příčin z každé hlavní oblasti. Brainstorming se provádí tímto způsobem tak dlouho, dokud nejsou vyčerpány všechny nápady všech členů týmu. Během brainstormingu se všechny nápady zapisují do diagramu příčin a následků.

Na obrázku 9 je zobrazena možná podoba zpracovaného diagramu příčin a následků. Po skončení brainstormingu se diagram vyhodnotí. Členové týmu vyberou např. šest nejpravděpodobnějších a nejdůležitějších příčin pomocí metody bodového ohodnocení. Jde o metodu, při které každý člen dostane stejný počet bodů, které na základě své úvahy přiřadí k třem nejpravděpodobnějším příčinám. Šest příčin s největším počtem bodů se podrobí důkladnější analýze.



Obr. 9 – Ukázka vypracovaného diagramu příčin a následků
Zdroj: interní dokumenty podniku Škoda Auto, a.s. Mladá Boleslav

3.3.4. Paretův diagram

V řízení jakosti je Paretův princip nejefektivnější nástrojem pro odhalování podstatných příčin problémů s jakostí od méně podstatných. Tento princip je založen na tvrzení amerického odborníka na jakost J.M. Jurana, který prohlásil, že 80-95% problémů s jakostí je způsobeno 5-20% příčin.

Využít Paretovu analýzu při zajišťování jakosti lze v mnoha oblastech, jako je např. analýza počtu vadných výrobků, analýza příčin výroby vadných výrobků, počet poruch stroje atd. Problém se může hodnotit třeba z pohledu nákladů (finanční ztráty) nebo prostého počtu vadných výrobků. Paretovu analýzu lze využít nejen k odhalování nejpodstatnějších problémů s jakostí, ale také při vyhledávání a analyzování nejvýznamnějších příčin, které způsobují problémy v procesu. Paretova analýza může

navazovat na diagram příčin a následků, ze kterého tým odborníků na danou problematiku vybere několik nejzávažnějších příčin způsobujících neshody na výstupu procesu.

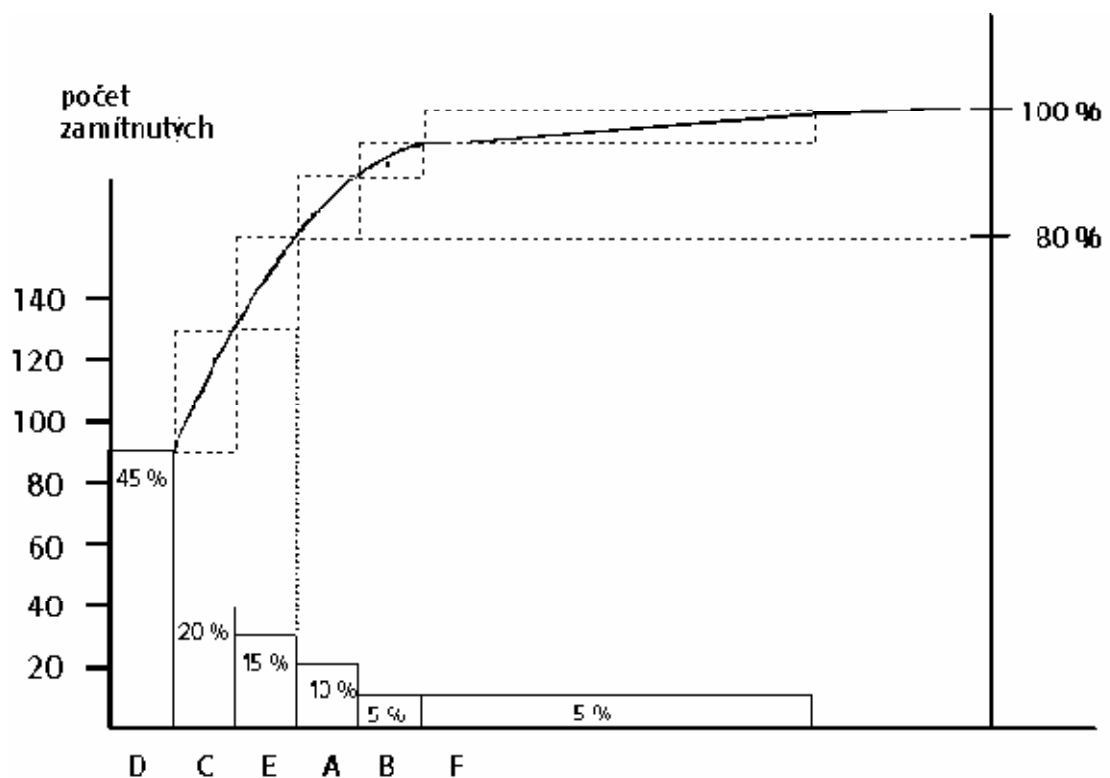
Postup při sestavování Paretova diagramu je ukázán na následujícím příkladu, který navazuje na diagram příčin a následků z předchozí podkapitoly. Z diagramu příčin a následků je vybráno šest nejzávažnějších příčin způsobujících problém kolísání délky řezaných kusů (viz. tabulka 1). U každé příčiny je uveden počet zamítnutých kusů z celkového počtu 200 zamítnutých kusů. Hlediskem hodnocení problému je v tomto příkladu četnost vad. Seřadíme jednotlivé příčiny sestupně podle počtu vadných kusů. Dále vypočteme kumulované četnosti a relativní kumulované četnosti k jednotlivým příčinám. Poté vypracujeme sloupkový diagram dle četností jednotlivých příčin ručně nebo pomocí softwarového programu. Nakonec vypočteme mez 80% četnosti z hlavních příčin, která je většinou kritériem pro určení priority příčin pro řešení.

Z obrázku 10 můžeme usoudit, že 80% příčin je způsobeno faktory D, C, E, tedy kolísání délky řezaných kusů je větší části způsobeno starými stroji, často také nekvalitní ocelí a obsluhou stroje, která se před každou směnou mění. Je zapotřebí se na tyto tři hlavní příčiny zaměřit a provést jejich hlubší analýzu za účelem snížení výroby vadných produktů. Volba příčiny k provedení hlubší analýzy se řídí možnostmi (finanční, technické, personální), které si může podnik dovolit vynaložit na realizaci nápravných opatření.

Tab. 2 – Seznam příčin způsobujících problém s kolísáním délky řezaných kusů

Označení příčiny	Nedostatek	Počet zamítnutých dílů	Kumulovaná četnost	Relativní kumulovaná četnost v [%]
D	Zastaralé stroje	90	90	45
C	Kvalita oceli	40	130	65
E	Změna obsluhy	30	160	80
A	Teplota oceli	20	180	90
B	Údržba	10	190	95
F	Jiné	10	200	100

Zdroj: interní dokumenty podniku Škoda Auto, a.s. Mladá Boleslav



Obr. 10 – Paretův diagram

Zdroj: interní dokumenty podniku Škoda Auto, a.s. Mladá Boleslav

4. POPIS APLIKOVANÝCH METOD KVALITY V PRŮMYSLOVÉM PODNIKU

Čtvrtá kapitola této práce demonstruje praktickou aplikaci statistických nástrojů uvedených ve třetí kapitole. Konkrétně se jedná o využití statistických nástrojů v jednom z výrobních procesů, a to výpočtu tolerančních mezí kontrolních dotahovacích momentů šroubových spojů, které se podle technické směrnice pro dokumentaci (TLD) ve společnosti Škoda Auto a.s. značí Mkd1 a Mkd2.

4.1. Představení společnosti Škoda Auto a.s.

Škoda Auto je největším průmyslovým podnikem a výrobcem automobilů v České republice se sídlem v Mladé Boleslavi. Počátky firmy spadají do roku 1895, kdy byla založena společnost na opravu kol Laurin & Klement, která se později stala součástí koncernu Škoda Plzeň. Od roku 1991 spadá pod jednoho z největších automobilových koncernů, německý koncern Volkswagen Group. V současné době firma na území České republiky zaměstnává okolo 25 000 lidí a vyrábí šest modelových řad - Fabia, Octavia, Octavia (Tour), Roomster, Superb a Yeti.

Kromě závodu v Mladé Boleslavi má Škoda Auto také menší továrny v Kvasinách a Vrchlabí. Společnost Škoda Auto se v poslední době zaměřuje i na východní trhy, proto má několik mezinárodních závodů, např. na Ukrajině, v Rusku, Kazachstánu, Indii a Číně.

Jediným akcionářem je Volkswagen International Finance N. V., statutárním orgánem je představenstvo a kontrolním orgánem dozorčí rada. Činnosti a fungování celé společnosti řídí předseda a členové představenstva.

4.1.1. Integrovaný systém řízení (IMS) ve společnosti Škoda Auto

Pro efektivní fungování celé společnosti je zaveden Integrovaný systém řízení, který definuje procesy probíhající ve firmě s ohledem na kvalitu (QMS), ochranu životního prostředí (EMS), bezpečnost informací (ISMS), bezpečnost práce a ochranu zdraví zaměstnanců. IMS pomáhá organizaci neustále zlepšovat procesy a tedy i hospodářské

výsledky v zájmu spokojenosti všech zainteresovaných stran, hlavně spokojenosti zákazníků.

Společnost Škoda Auto má svůj systém řízení kvality (QMS), který je vybudován na základě mezinárodních norem ISO řady 9000. Kromě ISO norem se ale její činnosti musí také řídit směnicemi VDA, které jsou určené pro evropské podniky působící v automobilovém průmyslu. Jedním z hlavních požadavků těchto norem na systém řízení kvality je vedení dokumentace celého systému řízení kvality. Je nutné mít definované procesy, určené odpovědnosti a dokumentovat údaje o plnění předpisů daných normami. Záznamy o šroubových spojích se v celém koncernu VW archivují podle technické směrnice pro dokumentování (TLD).

4.2. Šroubové spoje v automobilovém průmyslu

Pro výrobce automobilů jsou šroubové spoje jedny z nejkritičtějších částí vozidla, proto jim musí být při výrobě vozu věnována značná pozornost. Právě díky šroubům a maticím drží jednotlivé díly automobilu pohromadě, a proto výrobce musí archivovat záznamy o každém šroubu nebo matici na všech vyrobených vozech. Dokumentace šroubových spojů má v případě vzniku škody usnadnit podniku prokázat, že je nadále schopen vyrábět automobily a zabudovávat do nich šroubové spoje, které splňují předepsané specifikace z technického a bezpečnostního hlediska.

4.2.1. Kontrolní dotahovací momenty Mkd1, Mkd2

Měření kvality dotažených šroubových spojů se v koncernu VW provádí v průběhu výrobního cyklu prostřednictvím systému měření kontrolních dotahovacích momentů Mkd1, Mkd2.

Definice kontrolního dotahovacího momentu:

Kontrolní dotahovací moment je definován jako nejmenší kroutící moment měřený dalším přetažením šroubového spoje (šroubu resp. matice) s minimálním úhlem otočení (maximálně o 10°).

Kontrolní dotahovací moment Mkd1 slouží k nepřímé kontrole šroubového spoje krátce (max. 30 minut) po dotažení.

Kontrolní dotahovací moment Mkd2 slouží k nepřímé kontrole šroubového spoje po dynamickém, resp. tepelném namáhání (audit, služby zákazníkům). [11]

4.2.2. Metodika pro zjišťování a stanovení tolerančních mezí Mkd1, Mkd2

Pracovník technické kontroly si podle rozpisu provedení náměrů na šroubových spojkách vybere jeden typ šroubového spoje na vozidle a pomocí příslušné měřicí techniky na něm provede kontrolní náměr. Podle metodického pokynu musí takto postupovat u sta po sobě jdoucích automobilů na montážní lince. U každého ze sta vozů musí být přeměřován stejný typ šroubového spoje a každý kontrolní náměr musí být proveden stejným měřicím zařízením. Po dokončení všech náměrů vytvoří tzv. testovací kartu (viz. příloha A), tzn. formulář v MS EXCEL, do kterého z paměti měřicího zařízení vloží všech sto naměřených hodnot. Tuto testovací kartu odešle pracovníkovi šroubové laboratoře, který v softwarovém programu Opendraw vypočte z naměřených hodnot toleranční meze kontrolních dotahovacích momentů. Vypočtené toleranční meze se odešlou zpět pracovníkům technické kontroly, kteří na základě vypočtených tolerančních mezí vytvoří kontrolní kartu. Zaměstnanci technické kontroly zaznamenávají do kontrolní karty náměry z dalších aut a kontrolují, zda naměřené hodnoty nepřesáhly toleranční meze na kontrolní kartě. V případě, že se naměřené hodnoty budou nacházet mimo toleranční meze, je nutno provést kontrolu vstupních veličin.

4.2.3. Rozhodnutí o novém postupu při stanovení Mkd1, Mkd2

Výše zmíněný postup při stanovení tolerancí kontrolních dotahovacích momentů byl nevyhovující, proto bylo rozhodnuto o vytvoření nového řešení, které by nahradilo stávající postup. Bylo rozhodnuto, že projekt se bude realizovat na základě spolupráce s firmou Q-DAS v jejich software qs-STAT, který je určen pro statistické sledování a vyhodnocování výrobních procesů a zařízení, jehož licence je zakoupena pro celý koncern VW. Qs-STAT je produktem německé firmy Q-DAS, která má dceřinou společnost

v Berouně. Firma Q-DAS poskytuje rady a technickou podporu v oblasti statistiky pro koncern VW, a tím pádem i pro společnost Škoda Auto, po mnoho let.

Důvodů ke zlepšení metodiky výpočtu tolerancí kontrolních dotahovacích momentů je hned několik, avšak největší přínosy by měly být:

- **ve vytvoření databáze všech šroubových spojů na všech vyráběných vozidlech** – veškerá dokumentace o výrobě vozidla se musí dle zákona archivovat 15 let. Elektronická archivace je nejvhodnější způsob uchovávání údajů o dílech.
- **v angažování pouze jednoho odpovědného oddělení** – na současném způsobu stanovení tolerančních mezí kontrolních dotahovacích momentů se podílejí dvě oddělení – technická kontrola, která získává náměry a vytváří testovací karty, dále šroubová laboratoř, kde se ověřuje způsobilost procesu a potom určují toleranční meze z naměřených hodnot.
- **v celkovém urychlení procesu** - z důvodu zapojení jednoho oddělení do celé procedury. Za fungování celého procesu bude zodpovědná technická kontrola. Pracovníci šroubové laboratoře budou mít více času na analýzy a testování šroubových spojů.
- **ve sjednocení stanovení tolerancí v rámci všech závodů** – může být přínosem z dlouhodobého hlediska, jelikož každý závod si počítá toleranční meze nějakým svým způsobem, který vždy neodpovídá metodice uvedené v kapitole 4.2.1. Nejdříve se ovšem projekt musí zavést a odzkoušet v závodu Mladá Boleslav a teprve po odsouhlasení kompetentními osobami koncernové kvality může být tento způsob zaveden i do ostatních závodů.

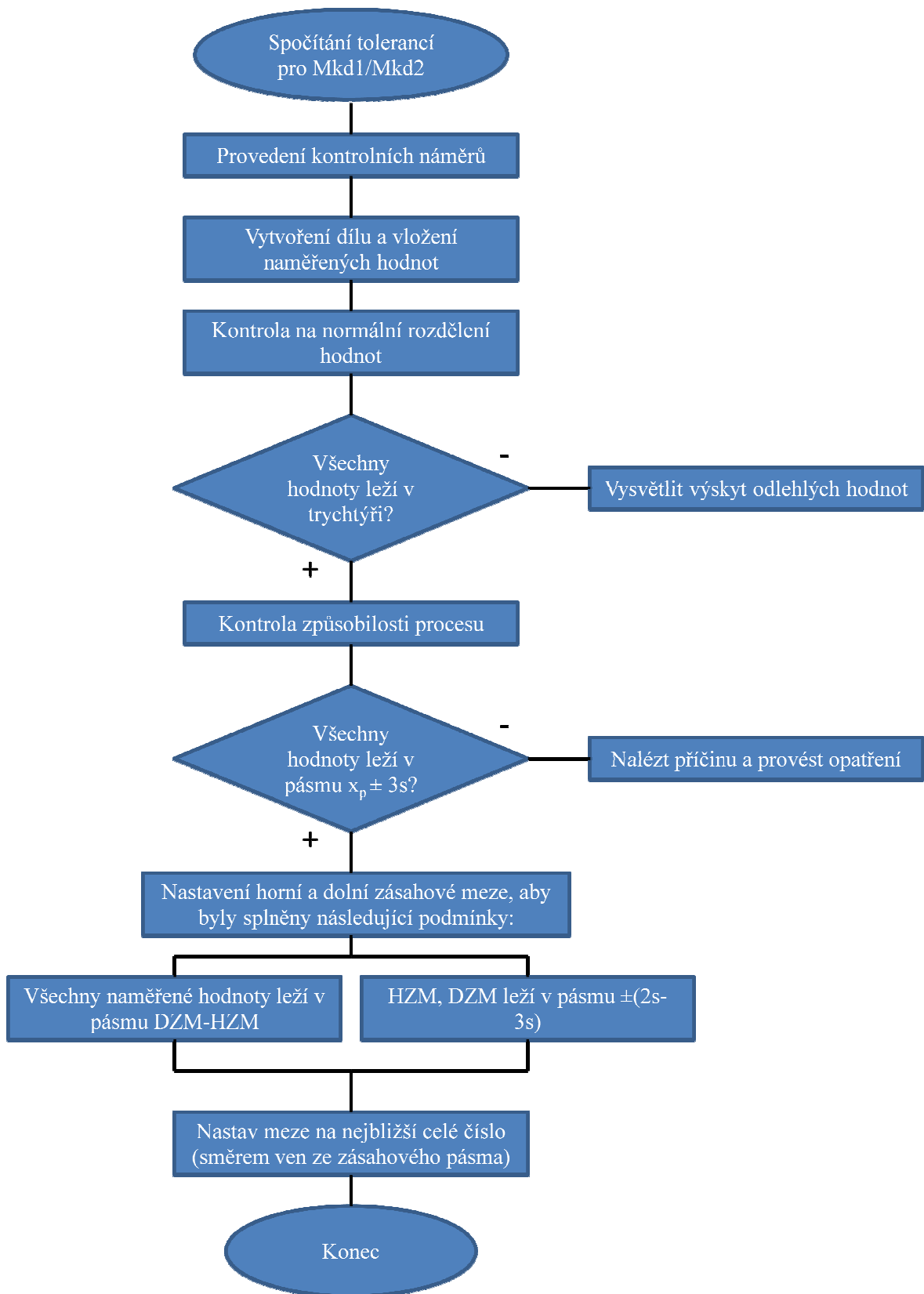
4.3. Vývojový diagram pro výpočet Mkd1, Mkd2

Vývojový diagram je nástroj, který umožňuje popsat jakýkoliv proces. Vývojové diagramy pomáhají odhalit nedostatky v procesu. Jejich napravením se proces zdokonaluje a tím se naplňuje jedna z hlavních činností managementu kvality - zlepšování jakosti. Použití vývojového diagramu slouží ke snadnějšímu pochopení procesu.

Vývojový diagram byl při zadávání projektu zaměstnancům firmy Q-DAS užitečnou pomůckou právě pro pochopení průběhu celé procedury stanovení tolerančních mezí kontrolních dotahovacích momentů. Na obrázku č. 11 je znázorněn vývojový diagram obsahující jednotlivé na sebe navazující činnosti vykonávané při stanovení tolerancí Mkd1, Mkd2. Jedná se tedy o postupný sled činností, který by měl zahrnovat nový způsob výpočtu Mkd1, Mkd2.

V porovnání se starým způsobem nebudou muset zaměstnanci technické kontroly vytvářet testovací karty, ve kterých byly zdokumentovány naměřené hodnoty a následně byly posílány do šroubové laboratoře k výpočtu tolerančních mezí. Největší změna nastane při práci v úplně novém prostředí programu qs-STAT, ve kterém se do vytvořených masek začnou zadávat informace o dílech a následně vkládat naměřené hodnoty, ze kterých uživatel za pomoci příslušných grafů rozpozná, zda hodnoty mají normální rozdělení a proces je způsobilý. Tyto dvě podmínky jsou velice důležité, jelikož výstupem z celého procesu je regulační diagram, jenž může být použit za předpokladu, že hodnoty splňují výše jmenované podmínky. V dalším kroku se nastaví horní zásahová mez HZM a dolní zásahová mez DZM tak, aby se všechny naměřené hodnoty nacházely v pásmu DZM-HZM a zásahové meze DZM, HZM byly v pásmu $\pm(2s-3s)$. Po nastavení HZM, DZM se zobrazí regulační diagram s nastavenými zásahovými mezemi, který je uživatelem uložen do databáze spolu se zadanými informacemi o díle.

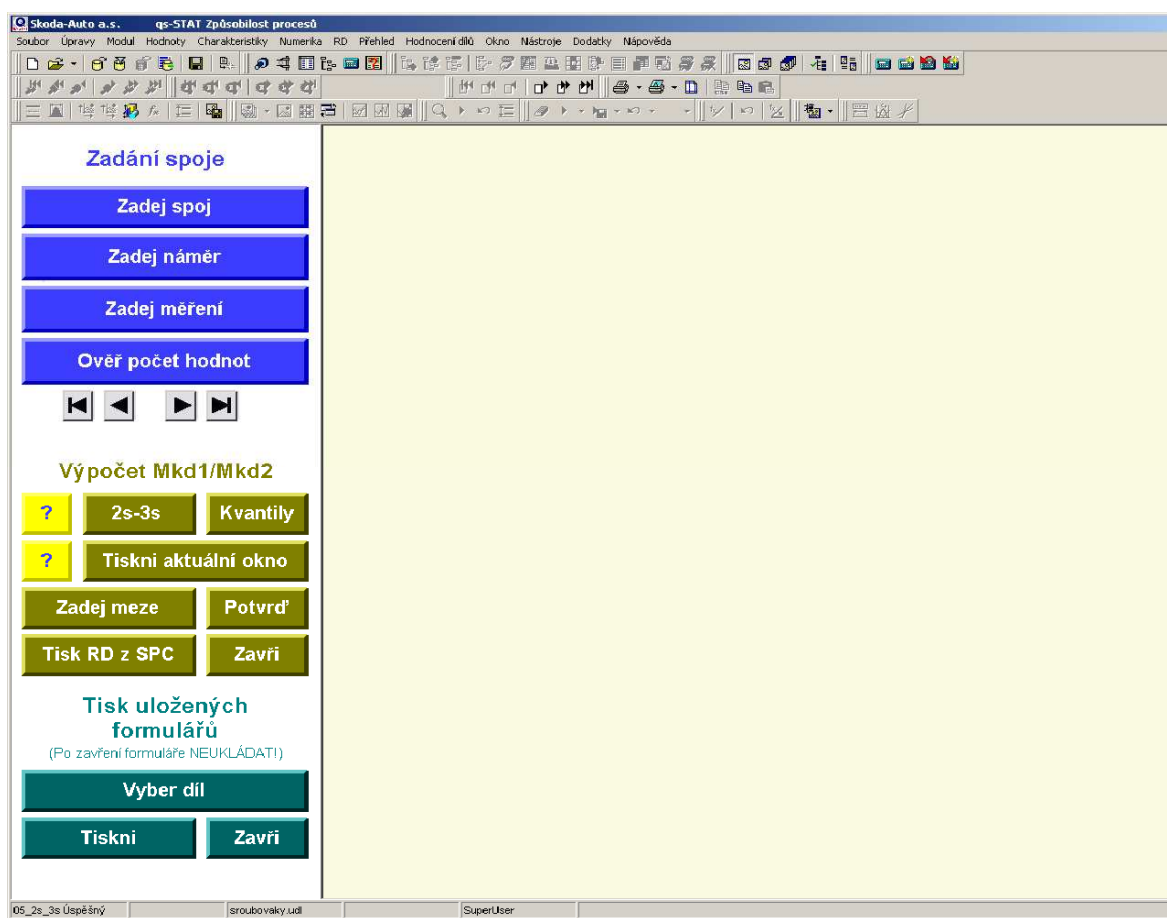
Postup v následujících podkapitolách při zadávání dílů, určení způsobilosti procesu a stanovení DZM, HZM je vysvětlen na konkrétním příkladu podle přílohy A.



Obr. 11 – Vývojový diagram výpočtu tolerančních mezí Mkd1, Mkd2

4.4. Optimalizace prostředí v programu qs-STAT

Pro vytvoření dílu obsahujícího šroubový spoj a stanovení tolerancí Mkd1, Mkd2 byla ve spolupráci se zaměstnanci firmy Q-DAS vypracována v prostředí programu qs-STAT tlačítková lišta zobrazená na obrázku č. 12. Tlačítková lišta byla vytvořena ve formulátoru, který je součástí programu. Ve formulátoru se mohou provádět jednoduchá i složitější nastavení vzhledu tlačítek a hlavně lze pomocí něj přiřazovat každému tlačítku určitou funkci, ať už vizuálně rozpoznatelnou nebo výpočetní, která probíhá na pozadí bez uživatelského vědění. Při rozmístění jednotlivých tlačítek se vycházelo přímo z uspořádání činností obsažených ve vývojovém diagramu. Lišta obsahuje jenom tlačítka nezbytně nutná pro zadání dílu a určení tolerancí Mkd1, Mkd2. Tlačítka jsou takto rozmístěna z důvodu jednoduššího ovládání pro budoucí uživatele. Pro zadávání informací o dílech a vkládání k nim naměřených hodnot se provádí prostřednictvím prvních čtyř modrých tlačítek. K určení normálního rozdělení hodnot, způsobilosti procesu a nastavení HZM a DZM se využívají tlačítka okrové barvy.



Obr. 12 – Prostor prostředí programu qs-STAT s vytvořenou tlačítkovou lištou

4.4.1. Zadání spoje

Po získání náměrů Mkd1 nebo Mkd2 pořízených na šroubovém spoji se vytvoří v programu qs-STAT příslušný díl s potřebnými údaji, který se poté uloží do databáze. Z paměti měřicího zařízení se vloží naměřené hodnoty do masky hodnot programu qs.-STAT. Následující podkapitola vysvětluje jak postupovat při vytváření dílů v souladu s koncernovou směrnicí na určení tolerancí Mkd1, Mkd2 a praktickými radami od pracovníků technické kontroly a šroubové laboratoře.

První fází při vytváření dílu v databázi je výběr typu šroubového spoje. Koncernová směrnice zabývající se členěním šroubových spojů hovoří o dělení šroubových spojů do tří hlavních kategorií:

- **kategorie A** – jsou označovány jako LWT (životně důležité spoje), na které jsou kladeny nejvyšší nároky z hlediska technického a bezpečnostního. Životně důležité se nazývají proto, že v případě jejich uvolnění dochází k ohrožení života posádky ve vozidle.
- **kategorie B** – jejich selhání způsobí nepojízdnost vozidla
- **kategorie C** – jsou spoje, při jejichž uvolnění dochází k tzv. rozzlobení zákazníka

Výše zmíněné kategorie jsou v koncernové směrnicí různě kombinovány. Směrnice hovoří o pěti typech spojů (obrázek č. 13), které se v rámci koncernu konstruují a montují do vozidel. Tolerance Mkd1 se zjišťuje z typů spoje AB, BC, C a spoje Moment a úhel, pro výpočet tolerancí Mkd2 jsou z důvodu dynamického a tepelného zatížení šroubového spoje definovány odlišné předpisy. Ve sloupci poznámka je u prvních třech typů spoje vložen vzorec pro výpočet hranice dotahovacích momentů. Jde o dolní toleranční mez DTM, jejíž hodnota je závislá na vybraném typu spoje a velikosti předepsané jmenovité utahovací hodnoty M_u , která se vyplňuje v masce dílu.

	Typ spoje	Poznámka
1	AB	Mkd1 > nebo = $0,8 \cdot \mu$ - platí pro kontrolní dotahovací momenty μ šroubových spojů s metrickým závitem bez plastových částí.
2	BC	Mkd1 > nebo = $0,50 \cdot \mu$ - platí pro kontrolní dotahovací momenty μ šroubových spojů s nemetrickým závitem, s jedním. Nebo více upnutými plastovými díly.
3	C	Mkd1 > nebo = $0,70 \cdot \mu$ - platné pro kontrolní dotahovací momenty μ šroubových spojů s metrickým závitem bez plastových částí.
4	Mkd2	
5	Moment a úhel	
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Seřadit podle:

rozšíření Načti nové (F2) OK Storno Nápověda

Obr. 13 – Vybrání typu spoje

Program qs-STAT nabízí i formulátor masek, který umožňuje vytvářet dle vlastní potřeby různé masky pro zadávání údajů. K výpočtu tolerancí Mkd1, Mkd2 byly pro potřebu vytvořeny tři masky: maska dílu, maska znaku a maska hodnot (příloha B). Do masky znaku se vyplňují informace o měřené charakteristice dílu. Každá maska je sestavena z polí, kterým mohou být podle jejich účelu přiřazeny různé vlastnosti. Celkový vzhled, nastavení vlastností a názvů polí každé masky se řídí požadavky získanými při konzultaci s pracovníky technické kontroly, protože právě oni budou hlavními uživateli. Pole povinně vyplnitelná jsou vyznačena žlutou barvou. Na obrázku číslo č. 14 je zobrazena maska pro vyplnění veškerých nejpotřebnějších údajů o dílu se šroubovým spojem. Jelikož se díly budou ukládat do databáze, potřebujeme značné množství údajů o každém díle z důvodu snadnějšího vyhledávání při vyšším počtu dílů v databázi. Proto bylo rozhodnuto o vytvoření polí závod, provoz (výrobní hala, ve které se pořizuje náměr) a výrobní zakázka (model vozidla), jejichž obsah je určen záznamy v přiřazených knihovnách vytvořených rovněž v programu qs-STAT. Ve vstupním poli μ -jmenovitá hodnota se zadává hodnota předepsaného utahovacího momentu, ze které se vypočítává dolní toleranční mez DTM. Dále se uvádí číslo PDM výkresu, který bude vložen do regulačního diagramu (kapitola 4.4.3.). Operace jsou jednotlivé části výrobní linky opatřené svým jedinečným číslem.

Díl		Zkušební zařízení	
Díl číslo	Označení	Číslo	Označení
1 Z0 860 505 D	zadní dveře do karoserie	A450	Betzer
Doku.povin.	Číslo výkresu	Typ spoje	Moment a úhel
<input checked="" type="checkbox"/>	PDM 3T0 837	C	30±4,5
Závod	Provoz	Mu - Jmenovitá hodnota	Počet spojů na díle
Výroba vozů Kvasiny	Hala M1	30	2
Výrobní zakázka	Operace	Poznámka	
Yeti	312	Mkd1 > nebo = 0,70*Mu - platné pro kontrolní dotahovací momenty u šroubových spojů s metrickým závitem bez plastových částí.	

Obr. 14 – Maska dílu s vyplněnými údaji

4.4.2. Výpočet Mkd1, Mkd2

Další skupina tlačítek se jmenuje Výpočet Mkd1, Mkd2. Pomocí těchto tlačítek se provede analýza naměřených hodnot z důvodu stanovení horní zásahové meze HZM a dolní zásahové meze DZM zobrazovaných do regulačního diagramu.

4.4.2.1. Statistická kontrola naměřených hodnot

Statistická kontrola naměřených hodnot se skládá ze dvou dílčích operací, určení normality rozdělení a způsobilosti procesu. V této fázi výpočtu tolerancí Mkd1 jsou naměřené hodnoty zobrazeny do tzv. pravděpodobnostní sítě (obrázek č. 15). Program qs-STAT umožňuje pro grafické určení normality hodnot daného souboru zobrazit pravděpodobnostní síť, která je konstruována tak, že na osu y jsou vyneseny kumulativní relativní četnosti jednotlivých hodnot. Zobrazení odhadu distribuční funkce normálního rozdělení přímkou je dosaženo různě velkými vzdálenostmi mezi dílky na ose y. Nacházejí-li se naměřené hodnoty (zobrazené křížkem) na přímce nebo v její blízkosti, pak jsou hodnoty souboru normálně rozdělené. Ovšem v praxi k takovému jevu dochází pouze ojediněle. Proto z levé i pravé strany přímky vedou hranice intervalů spolehlivosti, které určují pásmo normality. To znamená, že pokud leží hodnoty v daném pásmu, můžeme s určitou spolehlivostí říci, že data daného znaku jakosti mají normální rozdělení. Na obrázku č. 15 lze zaznamenat nepatrné množství hodnot vyčnívajících mimo hranice

intervalů, v tomto případě jde o zanedbatelné překročení malého počtu hodnot, které je možné ještě tolerovat a považovat tak rozdělení hodnot za normální. U výpočtu Mkd1, Mkd2 se test na normální rozdělení naměřených hodnot provádí pouze z důvodu identifikace odlehlých hodnot, jejichž výskyt by mohl vést ke zkresleným výsledkům. Pro grafické zobrazení normality hodnot je možné vytvořit histogram rozdělení četností, který je v příloze C.

Dále je v pravděpodobnostní síti zobrazena dolní toleranční mez DTM, jejíž velikost je určena součinem utahovacího momentu vyplněného v masce dílu (v našem případě $M_u=30$) a typem vybraného spoje (obrázek č. 13), v našem případě spoje typu C:

$$Mkd1 \geq DTM = 0,7 * Mu = 0,7 * 30 = 21 \quad (10)$$

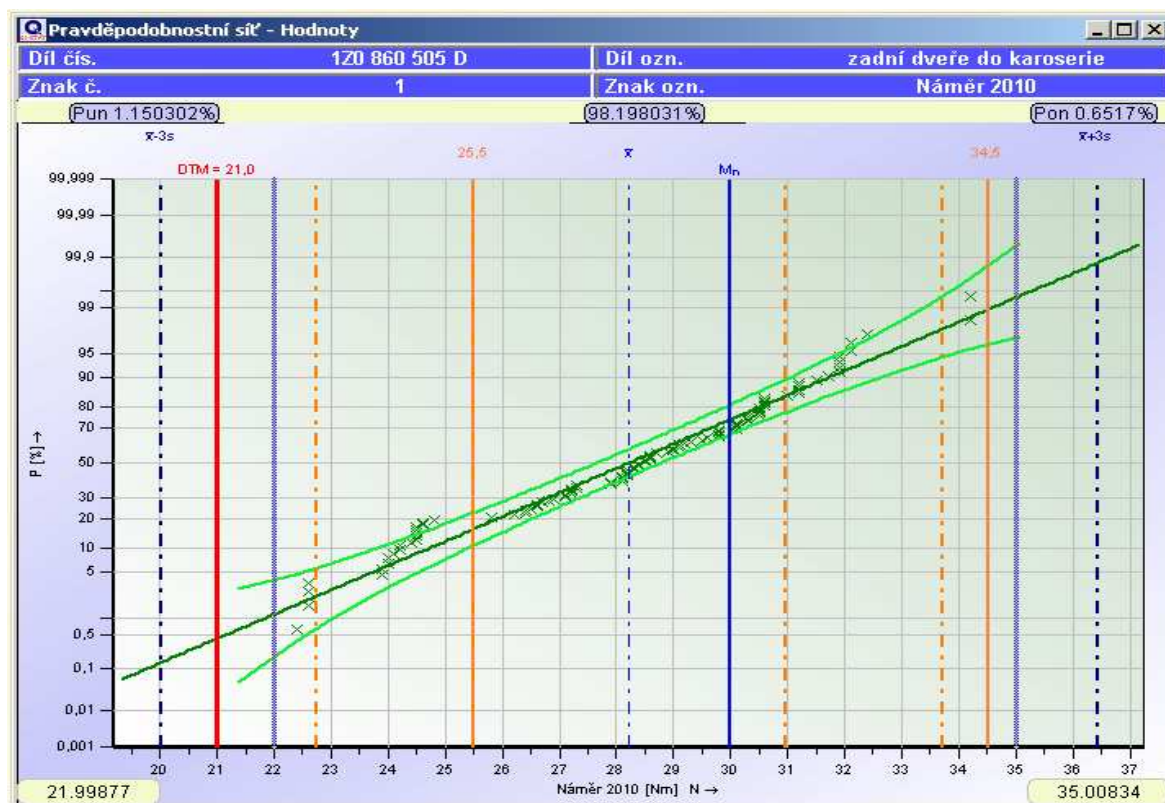
DTM představuje nejnižší kritickou mez, pod jejíž hodnotu by se neměla dostat žádná ze sta naměřených hodnot. Naměřený kontrolní dotahovací moment s hodnotou nižší, než dolní toleranční mez, signalizuje nedotažený šroub nebo matici. Při nalezení hodnoty nižší než je hodnota DTM, je nezbytné najít příslušné vozidlo s tímto kritickým šroubovým spojením a zjistit příčinu nedotaženého šroubu nebo matice. Vlivy působící na šroubový spoj jsou uvedeny v kapitole 4.5.

Pravděpodobnostní síť dále zobrazuje jmenovitou hodnotu utahovacího momentu M_n , která byla vyplněna v masce dílu na obrázku č. 14. V tomto případě je hodnota $M_n=30$ a oranžovými čarami jsou k M_n znázorněny horní a dolní toleranční meze (25,5;34,5).

Z naměřených hodnot v pravděpodobnostní síti se vypočítává jejich aritmetický průměr a směrodatná odchylka s jejími násobky až do vzdálenosti 3s od aritmetického průměru, což je v praxi nejvyužívanější šířka intervalu k určení způsobilosti. K určení způsobilosti v tomto procesu se nepoužívají indexy způsobilosti C_p , C_{pk} , protože není definovaná horní toleranční mez potřebná k jejich spočítání a koncernová směrnice týkající se výpočtu tolerancí Mkd1, Mkd2 požadavek na počítání C_p , C_{pk} vůbec neuvádí. Směrnice pouze upozorňuje, že žádná z naměřených hodnot nesmí být menší než hodnota DTM a zároveň nesmí žádná z hodnot vybočovat z intervalu $x_p \pm 3s$.

Průměr naměřených hodnot se počítá ze vztahu (2) a jeho velikost je $x_p = 28,217$ a směrodatná odchylka spočítaná ze vzorce (3) je rovna $s = 2,73$. Pro další analýzu zobrazených hodnot se musí určit násobky směrodatné odchylky $2s$ a $3s$. Hodnota $2s = 5,46$, hodnota $3s = 8,19$. K dopočítání celé šíře intervalu způsobilosti $x_p \pm 3s$ se jednou připočte a jednou odečte hodnota $3s$ od aritmetického průměru. Po dosazení konkrétních hodnot bude vztah pro hranice intervalu vypadat takto: $28,217 \pm 8,19$. Z toho se posléze spočítá dolní hranice způsobilosti $20,029$ a horní hranice $36,407$. Hranice způsobilosti intervalu $x_p \pm 3s$ je tedy $(20,029; 36,407)$. Na obrázku č. 15 zobrazujícím konkrétní pravděpodobnostní síť se většina hodnot nachází v intervalu $x_p \pm 2s$ ($22,757; 33,677$), přičemž ostatní hodnoty jsou sice mimo tento interval, ale ne tak dramaticky aby přesahovaly $x_p \pm 3s$ ($20,029; 36,407$). Mimo tento interval by se neměla nacházet žádná z naměřených hodnot.

Navíc je možné sledovat, že všechny naměřené hodnoty jsou také bezpečně vyšší než DTM. Můžeme tedy považovat proces za způsobilý. V případě, že by některá z naměřených hodnot Mkd1, Mkd2 byla menší než DTM anebo překračovala interval $x_p \pm 3s$, je nutné odhalit příčinu vzniku problému. Odhalení příčin můžeme provést prostřednictvím diagramu příčin a následků v podkapitole 4.5.



Obr. 15 – Pravděpodobnostní síť s posuvníky

4.4.2.2. Stanovení DZM, HZM pro Mkd1, Mkd2

Považuje-li se proces za způsobilý z výsledků předchozích testů, je možno přejít k další fázi, která se provádí rovněž v pravděpodobnostní síti – stanovení horní a dolní zásahové meze DZM, HZM. Kliknutím na tlačítko *Kvantily* v tlačítkové liště se v obou koncích pravděpodobnostní sítě zobrazí dvě posuvné lišty (na obrázku č. 15 jsou vyznačeny modrošedě), kterými uživatel nastaví DZM a HZM. Ovšem z vývojového diagramu (podkapitola 4.3) popisujícího celkový proces lze vyčíst, že při stanovení zásahových mezí musí být dodrženy dvě podmínky. První hovoří o tom, že zásahové meze musí být nastaveny tak, aby všechny naměřené hodnoty ležely v pásmu DZM-HZM. Druhá podmínka navazuje na první a určuje pásmo stanovení zásahových mezí. Koncernová směrnice hovoří o tom, že umístění zásahových mezí musí být v intervalu $x_p \pm 2s$ - $x_p \pm 3s$.


V příkladu s konkrétními hodnotami má být tedy DZM stanovena v intervalu (20,029-22,757) a HZM v intervalu (33,677-36,407). Pásmo pro stanovení dolní zásahové meze zahrnuje i DTM= 21, pod kterou se nesmí stanovit DZM, proto je interval pro stanovení DZM (21-22,757). Dolní zásahová mez je podle příkladu na obrázku č. 15 nastavena na celé číslo, a co nejblíže minimální naměřené hodnotě směrem ven ze zásahového pásma, stanovení horní meze se řídí stejnými pravidly. Pro splnění výše zmíněných podmínek se DZM= 22 a HZM= 35. Tyto dvě hodnoty se zadají do příslušných polí masky, která je zobrazena kliknutím na tlačítko *Zadej meze*. Tímto krokem se programu určí, že tyto dvě hodnoty má zobrazit v regulačním diagramu.

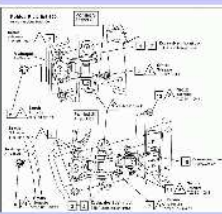
4.4.3. Regulační diagram

Po zadání mezí se tlačítkem *Tisk RD z SPC* zobrazí náhled na regulační diagram. Regulační diagram plní funkci kontrolní karty pracovníkům oddělení technické kontroly. Do regulačního diagramu se budou zaznamenávat naměřené hodnoty kontrolních dotahovacích momentů šroubových spojů.

Žádná z naměřených hodnot by se neměla nacházet mimo zásahové meze, které jsou na obrázku č. 16 vyznačeny modrou barvou. Takto vypadá regulační diagram, který tvoří výstup z celého procesu. Do pásma mezi zásahovými mezemi se budou zapisovat naměřené hodnoty Mkd1, Mkd2 příslušného dílu, jehož identifikační položky jsou

umístěny v hlavičce regulačního diagramu. Jednotlivá pole hlavičky jsou stejného typu jako některá pole v masce dílu a v masce znaku. V případě, že by regulační diagram byl z nějakého důvodu nevyhovující, je možnost ho ve formulátoru pro výstupní zprávy upravit dle požadavků. V pravé části regulačního diagramu je prostor pro výkres dílů šroubového spoje, na kterém se provádí náměry. Všechny potřebné výkresy šroubových spojů, na kterých se získávají náměry, byly vyhledány v koncernovém informačním systému KVS, což je systém pro správu všech technických výkresů a plánů, které jsou v koncernu VW.

	Aktuální datum 29.3.2010	Středisko		Číslo dílu 1Z0 860 505 D		Životně důležité a dokument. spoj	D Kontrolní spoj č.:
	Směna 1 2 3	Operace 312	Náradí	Název dílu zadní dveře do karoserie	Počet spojů: 2		
	Kontrolor Zdeněk Pernica	Výkres: číslo PDM 3T0 837	Výkres: změna	Mu: 30,0 Nm	Mkd1/Mkd2: 35,000 22,000		

Náměr 2010 [Nm] 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20																																HZM	
																																S	
																																DZM	
Mimo toleranci																																	
Podpis mistra																																	
Datum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		

Měsíční vyhodnocení		
Skutečnost (Nm):		
Součet		
Pod tol.	Vtol.	Nad tol.
Pod tol. %	Vtol. %	Nad tol. %
Vyhodnotil:		

29.3.2010	8370/83918 Skoda_tiskovacka_RDzSPC.dcf	Skoda-Auto a.s.	1
-----------	---	-----------------	---

Obr. 16 – Regulační diagram

4.4.4. Tisk uložených formulářů

Vytvořený regulační diagram z předchozí kapitoly si může pracovník technické kontroly vytisknout anebo uložit do databáze pro pozdější použití prostřednictvím tlačítka *Zavři*. Zavřením se regulační diagram uloží do databáze společně se zadanými údaji o příslušném dílu. Poslední část tlačítkové lišty slouží k otevření již dříve vytvořeného dílu a k němu stanoveného regulačního diagramu. Tlačítko *Vyber díl* zobrazí dialogové okno *Vyber díl*

z databáze (obrázek č. 17), ve kterém se pro příklad vyhledá díl vytvořený v předešlých kapitolách této práce.

Obr. 17 – Vyber díl z databáze

Výše zobrazená maska se skládá ze dvou částí:

- 1. Údaje o dílu předfiltrovat** – jde o klasický filtr sloužící k hledání potřebných dílů podle pěti kritérií. Těmito kritérii jsou Závod, Provoz, Výrobní zakázka, Díl číslo a Díl: označení. Všechna pole pro filtrování jsou stejného typu jako pole v masce dílu. Pro vyhledání našeho dílu jsou zadány potřebné údaje vyplněné v masce dílu. Do prvních tří polí nelze psát, ale můžeme u nich zvolit potřebný záznam (podle kterého se budou filtrovat díly) knihovny kliknutím na rozbalovací šipku.
- 2. Výběr** – zde se zobrazuje seznam vytvořených dílů v databázi. Seznam dílů se přizpůsobuje hodnotám zadaných do filtru.

Databáze dílů byla vytvořena z důvodů zpětného vyhledávání regulačních diagramů v případě vzniku problémů se šroubovým spojem a povinné archivace náměrů Mkd1, Mkd2 s jejich zásahovými mezemi. Po vyhledání dílu je možné otevřít jeho masku dílu, znaku, hodnot, pravděpodobnostní síť i regulační diagram. V těchto maskách se mohou měnit informace o díle nebo lze vytvořit úplně nový znak pro vybraný díl a vložit do něj nové naměřené hodnoty Mkd1, Mkd2 za účelem aktualizace předešlých zásahových mezí v regulačním diagramu.

4.4.5. Přepočítání zásahových mezí DZM, HZM

Stanovení zásahových mezí HZM, DZM je pouze prvním krokem celkového sledování procesu. Do vytištěných regulačních diagramů budou pracovníci technické kontroly ručně zaznamenávat naměřené hodnoty Mkd1, Mkd2 a regulační diagramy analyzovat, tzn. sledovat, zda naměřené hodnoty nepřesahují zásahové meze a monitorovat nestandardní trendy v průběhu hodnot za účelem předpovědi dalšího chování procesu.

Hodnota dolní i horní zásahové meze v regulačním diagramu byla stanovena ze sta hodnot naměřených na šroubových spojkách za určitých podmínek. Těmito podmínkami jsou:

- **změna měřicího zařízení** – nákup nového přístroje na získávání náměrů Mkd1, Mkd2, změna nastavení způsobilosti zařízení C_{mk}
- **změna materiálu** – použití odlišného materiálu u šroubu, matice anebo dílu, který je součástí šroubového spoje. Změnou složení materiálu získává šroubový spoj jiné vlastnosti.
- **změna způsobu dotahování šroubu nebo matice** – použití jiného zatahovacího nářadí (akumulátorové, pneumatické zatahovačky, momentového klíče).
- **změna předepsaného utahovacího momentu** – zdokonalení technologie zatahování.

Z krátkodobého časového hlediska se výše uvedené podmínky měnit nemusí, proto si pracovník technické kontroly může do příslušného regulačního diagramu zaznamenávat náměry Mkd1, Mkd2, jejichž hodnoty jsou naměřené za stejných podmínek jako hodnoty, ze kterých byly spočítány zásahové meze. Z dlouhodobějšího hlediska se podmínky mohou měnit a hodnoty naměřené za jiných podmínek, než na kterých je sestaven

regulační diagram, by mohly překračovat původní zásahové meze nebo by mohly proces ovlivnit opačným způsobem, což v obou dvou případech vede ke zkresleným výsledkům a následnému nesprávnému rozhodování o dalším řízení procesu. Z toho důvodu je při změně podmínek nezbytně nutné získat nové náměry a z jejich hodnot spočítat nové hranice zásahových mezí DZM, HZM, které se zanesou do nově vytvořeného regulačního diagramu způsobem, který je popsán v praktické části této práce.

4.5. Diagram příčin a následků pro Mkd1, Mkd2

V předchozích kapitolách byly uvedeny situace v pravděpodobnostní síti, které mohou nastat při vzniku nějaké poruchy nebo působením některých vymezitelných příčin. Pro odhalení nejpravděpodobnějších příčin problému je vhodné použít právě diagram příčin a následků.

V procesu stanovení Mkd1, Mkd2 se jedná především o problémy s naměřenými hodnotami kontrolních zatahovacích momentů. V procesu nastává problém, pokud naměřené hodnoty vykazují výrazně odlišné rozdělení, než předepsané normální, nachází-li se nějaká hodnota mimo interval $x_p \pm 3s$ nebo je-li některá z naměřených hodnot menší než dolní toleranční mez DTM. S odbornou pomocí pracovníků šroubové laboratoře a technické kontroly byly zjištěny následující příčiny, které mohou mít vliv na naměřené hodnoty Mkd1, Mkd2. Nejpravděpodobnější příčiny vzniku problémů mohou být:

- **personál** – zaměstnanec, který provádí měření musí být řádně proškolen, aby nemohl být šroubový spoj poškozen neodborným zásahem
- **měřicí technika** – musí umožnit uložení průběžně naměřených hodnot, snímače musí být přesně nastavené, správně kalibrované zařízení
- **tuhost šroubového spoje** – používat vhodnou zatahovací techniku pro měkký, normální nebo tvrdý spoj
- **třecí síly** – při utahování uvažovat tvar a povrchovou ochranu spojovacích dílů
- **zatahovací nářadí** – zvolit nejvhodnější způsob zatahování, především optimální rychlost zatahování vzhledem k přesnosti šroubového spoje

Výše zmíněné příčiny jsou považovány za základní oblasti, ve kterých mohou vzniknout problémy. Každá z těchto oblastí by při sestrojení diagramu příčin a následků obsahovala řadu subpříčin, jejichž další uvádění v této práci by bylo příliš obsáhlé.

4.6. Celkové zhodnocení nového způsobu stanovení tolerancí Mkd1, Mkd2

Výše zmíněný postup při stanovení tolerancí Mkd1, Mkd2 má mnoho přínosů, které už byly zmíněny v podkapitole 4.2.2. Na druhou stranu bude muset tento projekt ještě překonat řadu překážek, které stojí v cestě jeho schválení a kompletnímu úspěšnému zavedení do každodenního provozu.

V následující tabulce jsou porovnány hodnoty spočítaných tolerancí Mkd1, Mkd2 u tří náhodně vybraných šroubových spojů. V prvním sloupci jsou získány tolerance od pracovníků šroubové laboratoře, v druhém spočítané tolerance podle nového způsobu v programu qs-STAT. Testovací karty s naměřenými hodnotami Mkd1, Mkd2 i vypočtené zásahové meze od pracovníků šroubové laboratoře jsou k nahlédnutí v přílohách D-D2. Regulační diagramy se zásahovými mezemi vytvořenými v programu qs-STAT jsou vloženy do příloh E-E2.

Tab. 3 – Hodnoty zásahových mezí Mkd1, Mkd2 stanovené oběma způsoby

Díl	Díl: označení	Utahovací předpis M_u	Zásahové meze pro Mkd1 (Nm)	
			Starý způsob	Nový způsob
1	Hlava kola+tyč řízení	20 Nm + 90°	46 – 100	48 – 86
2	Střešní nosič-karoserie	10 ± 1 Nm	8,5 – 13	8,8 – 11,5
3	Vzpěra tunelu-horní (2x)	9 ± 1,2 Nm	6 – 12	6,6 - 11

Porovnání spočítaných tolerancí vychází ve prospěch navrhovaného způsobu, kterým se zabývá praktická část této práce. Jako další přínos navrhovaného způsobu lze tedy uvažovat zúžení (i když ne moc výrazné) zásahového pásma. To zapříčiní zpřísnění požadavků na získané náměry Mkd1, Mkd2, což přispěje k zlepšení kvality z hlediska bezpečnosti celého finálního produktu.

Nyní je tento projekt zkušebně zaveden v závodě Mladá Boleslav. Každému pracovníku využívajícímu tento program k výpočtu tolerancí Mkd1, Mkd2 byl vytvořen v programu qs-STAT uživatelský účet s přidělenými potřebnými uživatelskými právy. Jelikož je program qs-STAT síťově nainstalován, je možný přístup k programu prakticky z každého počítače připojeného k síti.

Poslední věcí, která nesmí být opomenuta, je proškolení nových uživatelů, kteří s prací v prostředí programu qs-STAT nemají žádné zkušenosti. Z toho důvodu byla pro uživatele, kteří budou vypočítávat toleranční meze kontrolních dotahovacích momentů v programu qs-STAT, vytvořena jednoduchá uživatelská příručka, která metodicky krok po kroku popisuje, jak postupovat při vytváření dílů a výpočtu tolerančních mezí Mkd1, Mkd2.

5. ZÁVĚR

Systém řízení kvality včetně obdržení certifikátu ISO je stále velkým problémem pro velké množství tuzemských podniků, u kterých je patrné velmi časté využívání zastaralých technologií a špatná, především finanční, dostupnost technologií nových. To je zároveň, vzhledem ke stále náročnějším požadavkům zákazníků, i největší bariérou pro expanzi českých podniků na zahraniční trhy. Především z důvodu zvyšování kvality a konkurenceschopnosti finálních produktů je nutné provádět výzkum ve vývoji nových technologií, který je již samozřejmostí a nespornou výhodou u podniků se zahraničním kapitálem působícím na území České republiky, které se v současné době již zabývají implementací vyšších systémů kvality.

V teoretické části práce zaměřené na principy a požadavky systému řízení jakosti je vysvětlen pojem samotný pojem jakost včetně historického vývoje managementu jakosti. Pro efektivní fungování systému jakosti a celé organizace je nutné striktní dodržování stanovených principů, mezi něž patří i princip matematické podpory využívající zejména pravděpodobnosti a matematické statistiky. Získání důvěry u zákazníka napomáhá certifikát o stavu systému managementu jakosti, který mohou firmy obdržet po úspěšně provedeném certifikačním auditu.

Další kapitola této bakalářské práce je věnována popisu statistických metod v návaznosti na zlepšování procesů uvnitř organizací. Jsou vyspecifikovány jednoduché statistické a grafické nástroje v řízení kvality, které nacházejí své uplatnění ve fázích neustálého zlepšování jakosti. Pro objasnění a vysvětlení statistického řízení způsobilosti procesů a regulačních diagramů byly použity interní materiály konkrétního průmyslového podniku Škoda Auto, a.s., který je největším průmyslovým podnikem, výrobcem automobilů a zároveň i firmou se zahraničním kapitálem působící na našem území.

V stěžejní, praktické části práce, je názorně představeno použití vybraných statistických metod v jednom z výrobních procesů, a to při výpočtu zásahových mezí kontrolních dotahovacích momentů šroubových spojů ve vozidlech vyráběných podnikem Škoda Auto, a.s. Pro toto statistické sledování a vyhodnocování je v podniku využíván software qs-

STAT, produkt firmy Q-DAS, která vytváří technickou podporu v oblasti statistiky celému koncernu VW.

Z dat zveřejněných Českým statistickým úřadem je patrné, že se propad českého průmyslu již zastavil, avšak podniky budou minimálně do pololetí sbírat síly pro další růst a stabilizovat své finance. Je otázkou, jak se bude situace vyvíjet konkrétně v automobilovém průmyslu, který v roce 2009 těžil ze zavedení „šrotovného“ v Německu. Nicméně i takto je do budoucna nutné zaměření na všestranné zdokonalování koncových produktů při zachování konkurenceschopnosti v rámci hesla všech současných výrobců automobilů – „z krize ven kvalitou“.

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. FREHR, H. *Total quality management*. Brno: UNIS Publishing, 1995. ISBN 3-446-17135-5.
2. KENETT, R. *Modern industrial statistics : Design and control of quality and reliability*. Pacific Grove : Brooks/Cole, 1998. ISBN 0534353703.
3. KUPKA, K. *Statistické řízení jakosti*. Pardubice: TriloByte STATISTICAL SOFTWARE, 1997. ISBN 80-238-1818-X.
4. NENADÁL, J., aj. *Moderní management jakosti*. Praha: Management Press, 2008. 42 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
5. NENADÁL, J., aj. *Moderní systémy řízení jakosti*. 2. vyd. Praha: Management Press, 2007. 33 s. ISBN 978-80-7261-071-6.
6. NENADÁL, J. *Měření v systémech managementu jakosti*. Praha: Management Press, 2004. 15 s. ISBN 80-7261-110-0.
7. RYŠÁNEK, P. a kolektiv. *Kvalita v podmínkách Evropské unie*. Ostrava: MONTANEX, a.s., 1998. ISBN 80-7225-010-8.
8. TOŠENOVSKÝ, J. a kolektiv. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: MONTANEX, a.s., 2000. ISBN 80-7225-040-X.
9. VEBER. J., a kol. *Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce*. Praha: Management Press, 2006. ISBN 80-7261-146-1.
10. Norma ČSN EN ISO 9000 Systémy managementu jakosti – Základy, zásady, slovník. Praha: ČNI, 2001.
11. Interní dokumenty Škoda Auto a.s.
12. Řízení jakosti [online] – URL: < <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=30> >

Seznam příloh

Příloha A: Testovací karta č. 108 - zadní dveře do karoserie



Příloha B: Masky dílu, znaku, hodnot - zadní dveře do karoserie

Příloha C: Histogram z naměřených hodnot - zadní dveře do karoserie

Příloha D: Testovací karty č. 142,193,LWT 100

Příloha E: Regulační diagramy

Příloha A - Testovací karta č. 108 - zadní dveře do karoserie

		Testovací karta číslo :		108		
		(slouží k zadání náměrů pro stanovení tolerancí M_{kd1} resp. M_{kd2})				
Zadavatel :		Červinka		Oddělení :		VZT/41
Šroub. spoj :		Zadní dveře do karoserie				1Z0 860 505D
Číslo výkresu :		PDM		3T0 837		
Podskupina	1.	2.	3.	4.	5.	
Náměr	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	
1.	30,1	24	28,6	27,3	24,2	
2.	28,4	28,2	29,2	30,5	27,9	
3.	24,5	24,6	28,6	26,8	26,4	
4.	23,9	27,2	29,8	28,4	26,7	
5.	22,6	24,5	34,2	28,2	28,3	
6.	24,8	29	30,5	28,5	24,1	
7.	30,1	26,6	29,1	27,1	29,5	
8.	31,2	28,1	29,8	30,3	31	
9.	29,3	31,2	26,5	29,8	31,9	
10.	28,2	30,6	28,7	26,9	32,1	
Měřil :						
Dne :						
Podskupina	6.	7.	8.	9.	10.	
Náměr	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	
1.	30,6	30,5	28,5	30,1	24	
2.	28,9	29,1	27,1	30,6	26,2	
3.	31,7	31,2	28,1	29,8	30,3	
4.	31,9	24,5	24,6	31,9	22,6	
5.	30,6	23,9	27,2	32,1	25,8	
6.	29,6	34,2	28,2	28,3	30,3	
7.	31,9	27,2	22,4	22,6	24,5	
8.	32,4	24,5	30,1	26,6	31,5	
9.	24,4	29	31,2	28,1	26,4	
10.	28,6	27,3	24,2	30,5	27,9	
Měřil :						
Dne :						
Utahovací předpis :	Mu/Nm	Mkd1 max. :				
	30±4,5	Mkd1 min. :				
Datum :		Vypočítal :		Přezkoušel :		

Příloha B - Maska dílu, znaku, hodnot - zadní dveře do karoserie

Maska dílu

Díl

Díl číslo

1 Z0 860 505 D

Označení

zadní dveře do karoserie

Doku.povin.

☒

Číslo výkresu

PDM 3T0 837

Závod

Výroba vozů Kvasiny

Provoz

Hala M1

Výrobní zakázka

Yeti

Operace

312

Zkušební zařízení

Číslo

A450

Označení

Betzer

Typ spoje

C

Moment a úhel

30±4,5

Mu - Jmenovitá hodnota

30

Počet spojů na díle

2

Poznámka

Mkd1 > nebo = 0,70*Mu - platné pro kontrolní dotahovací momenty u šroubových spojů s metrickým závitem bez plastových částí.

Maska znaku

Znak

Číslo

1

Označení

Náměr 29.3.2010

Výkres: jméno souboru

sroubovaky\3T0 837-zaves dveri.JPG

Poznámka

Horní Mu

34,5

Dolní Mu

25,5

Maska hodnot

Znak

Číslo

1

Označení

Náměr 29.3.2010

Transformace

Násob.konst.

1

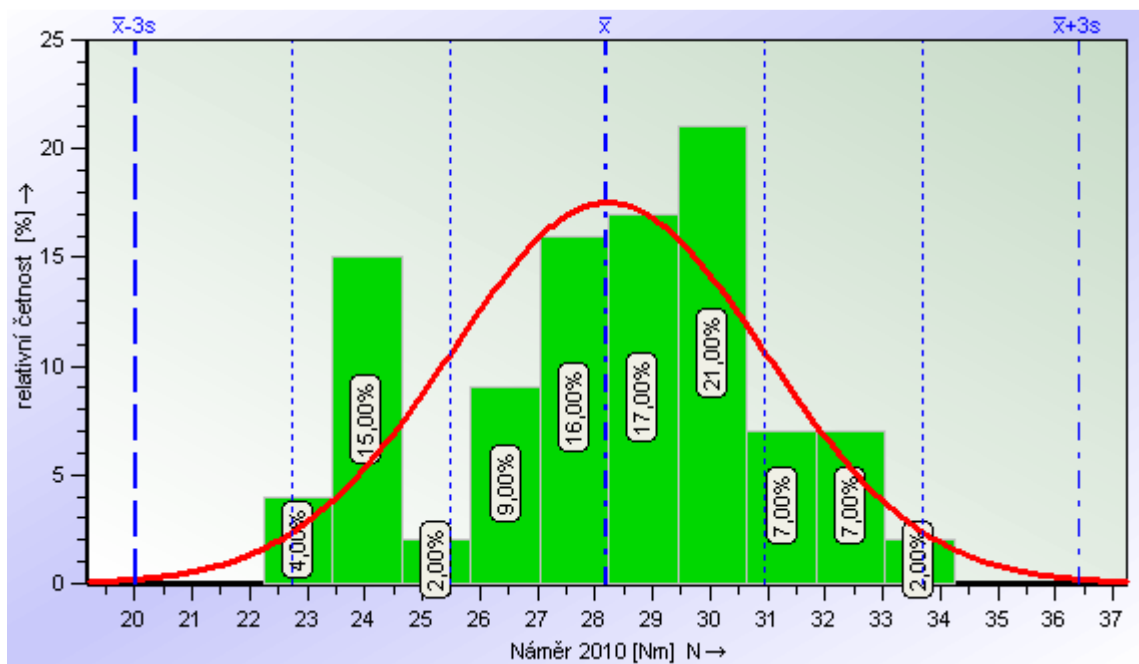
Součt. konst.

0

	Náměr 29.3.2010
1	30,1
2	28,4
3	24,5
4	23,9
5	22,6
6	24,8



Spojitosť mezi dílem a znakem je v tom, že např. za díl je považována utahovací matice, která může mít více měřitelných znaků (např. vnitřní průměr, vnější průměr). V případě Mkd1, Mkd2 je za jeden znak považováno sto získaných náměrů. Provedení dalších sta náměrů stejného typu šroubového spoje tvoří znak č. 2. Znaky jsou od sebe rozlišeny daty získaných náměrů.

Příloha C - Histogram z naměřených hodnot - zadní dveře do karoserie





Pokud by sloupce histogramu zobrazující naměřené hodnoty přesně kopírovaly červenou teoretickou křivku hustoty normálního rozdělení, byly by hodnoty z normálního rozdělení. V praxi se hodnoty normálnímu rozdělení pouze podobají. Nejvíce odlehlých hodnot je z intervalu 23,4-24,6.

Příloha D - Testovací karty č. 142,193,LWT 100

		Testovací karta číslo :		142		
		(slouží k zadání náměrů pro stanovení tolerancí M_{kd1} resp. M_{kd2})				
Zadavatel :		Červinka		Oddělení :		VZT/41
Šroub. spoj :		Hlava kola + tyč řízení				N 903 213.02
Číslo výkresu :		PDM	6Q0/5J0 400			
Podskupina	1.	2.	3.	4.	5.	
Náměr	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	
1.	63,1	79,5	67,9	59,8	79,3	
2.	72,8	65,5	74,6	67,7	81,7	
3.	65,5	76,3	65,1	71	63,3	
4.	60,7	69,1	60,7	59,8	82,9	
5.	61,3	64	72,3	81,1	65,5	
6.	73,3	62,8	63,1	74,9	60	
7.	69,1	74,1	69,5	57,5	78,9	
8.	69,7	66,9	64,4	62,3	65,8	
9.	74,1	76	67,4	69,9	79,5	
10.	76,6	66,2	66,8	79,3	78,1	
Měřil :						
Dne :						
Podskupina	6.	7.	8.	9.	10.	
Náměr	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	
1.	80,8	79,2	76,1	79,4	64,2	
2.	67,9	66,7	67	76,7	79,4	
3.	61,1	76,8	52,4	60,5	59,7	
4.	72,8	74,7	73,1	65,3	80,2	
5.	82,2	75,5	67,4	69,6	77,1	
6.	76,4	72,7	79,3	57,1	68,2	
7.	54,8	61,9	72,6	74,8	78,8	
8.	76,6	73,4	68,2	65,6	67,3	
9.	60,9	78,8	81,4	75,2	49,6	
10.	58,5	57,1	72,6	77,4	78,5	
Měřil :						
Dne :						
Utahovací předpis :	Mu/Nm		Mkd1 max. :	100 Nm		
	20 + 90°		Mkd1 min. :	46 Nm		

Příloha D1



	Testovací karta číslo :		193		
(slouží k zadání náměrů pro stanovení tolerancí M_{kd1} resp. M_{kd2})					
Zadavatel :	Krčmář Petr		Oddělení :	VZT/51	
Šroub. spoj :	Střešní nosič - karoserie			N 911 931 01	
Číslo výkresu :	PDM 1Z0 853				

Podskupina	1.	2.	3.	4.	5.
Náměr	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)
1.	8,9	9,4	8,9	10,3	10,5
2.	9,4	9,9	9,6	9,4	10
3.	9,4	9,4	9,7	10,6	9,1
4.	9,2	10,5	10,6	10,8	10,3
5.	10,1	10,1	11,2	9,2	11,5
6.	10	9,2	10,3	9,8	9,3
7.	9,1	9	9,8	9,6	9,4
8.	9,6	10,1	10,3	9,5	10,2
9.	9,6	9,4	9,7	9,9	10,6
10.	9,8	9,5	9,8	9,9	9,6
Měřil :	Krčmář	Krčmář	Krčmář	Krčmář	Krčmář
Dne :	22.2.2010	23.2.2010	24.2.2010	25.2.2010	26.2.2010


Podskupina	6.	7.	8.	9.	10.
Náměr	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)
1.	9,3	10,8	10,5	9,9	10,8
2.	10,4	9,7	10	10	10,8
3.	9,8	10,2	10,2	9,7	10,4
4.	9,9	10,2	10,3	9,7	10,3
5.	11,2	10,2	9,8	10,5	9,9
6.	10,1	10,3	10,9	10,6	10,2
7.	9,4	9,6	9,7	10	10,1
8.	8,9	9,9	9,1	9,8	10
9.	10,8	9,8	9,8	10,9	10,6
10.	10,5	10,3	9,8	9,9	9,8
Měřil :	Krčmář	Krčmář	Krčmář	Krčmář	Krčmář
Dne :	1.3.2010	2.3.2010	3.3.2010	4.3.2010	5.3.2010

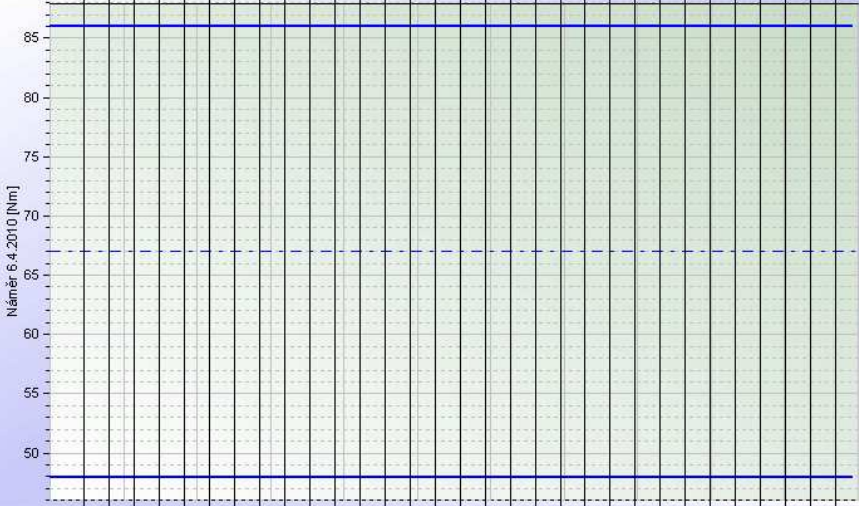
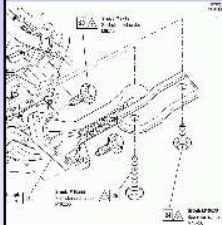
Utahovací předpis :	Mu = 10 ± 1 Nm	Mkd1 max. :	13 Nm
		Mkd1 min. :	8,5 Nm

Příloha D2

	Testovací karta číslo : 64/A05/2 LWT 100				
(slouží k zadání náměrů pro stanovení tolerancí M_{kd1} resp. M_{kd2})					
Zadavatel :	Biedla Roman		Oddělení :	VK/6	
Šroub. spoj :	Vzpěra tunelu - horní (2x) - nové šroby č.d. N 100 091 10				
Číslo výkresu :	PDM 5J0 857/308				
Podskupina	1.	2.	3.	4.	5.
Náměr	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)
1.	9,6	7,3	7,7	8,7	8,1
2.	9,5	8,1	7,5	9,1	8,0
3.	9,8	8,6	9,5	8,1	9,5
4.	7,2	7,6	9,5	7,5	9,7
5.	8,9	10,2	9,0	7,7	8,0
6.	9,0	9,3	8,2	7,5	8,7
7.	9,7	9,5	9,4	9,9	8,8
8.	8,5	7,4	8,9	10,6	8,7
9.	9,0	7,6	7,7	8,9	8,5
10.	8,7	8,4	8,2	7,3	8,4
Měřil :					
Dne :					
Podskupina	6.	7.	8.	9.	10.
Náměr	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)	(Nm)
1.	8,5	8,5	7,6	7,9	9,5
2.	7,5	9,9	7,9	8,1	10,1
3.	8,4	8,0	7,2	8,8	8,8
4.	9,6	8,8	7,3	8,6	9,1
5.	7,0	10,8	8,9	7,5	8,5
6.	7,3	9,3	9,0	8,9	9,5
7.	7,6	7,7	8,4	9,7	8,8
8.	7,7	8,5	9,0	10,3	9,6
9.	7,7	7,5	8,3	10,3	9,2
10.	8,2	7,9	8,8	10,7	9,5
Měřil :					
Dne :					
Utahovací předpis :	9 ± 1,2 Nm		Mkd1 max. :	12 Nm	
			Mkd1 min. :	6 Nm	

Příloha E - Regulační diagramy


	Aktuální datum 7.4.2010		Středisko		Číslo dílu N 903 213 02		Životně důležité a dokument. spoje	D Kontrolní spoj č.:
	Směna 1 2 3		Operace	Náradí	Název dílu Hlava kola+tyč řízení	Počet spojů: 5		
	Kontrolor Kramar		Výkres: číslo PDM 6Q0/5J0 400	Výkres: změna	Mu: Nm	Mkd1/Mkd2: 86,000 48,000		

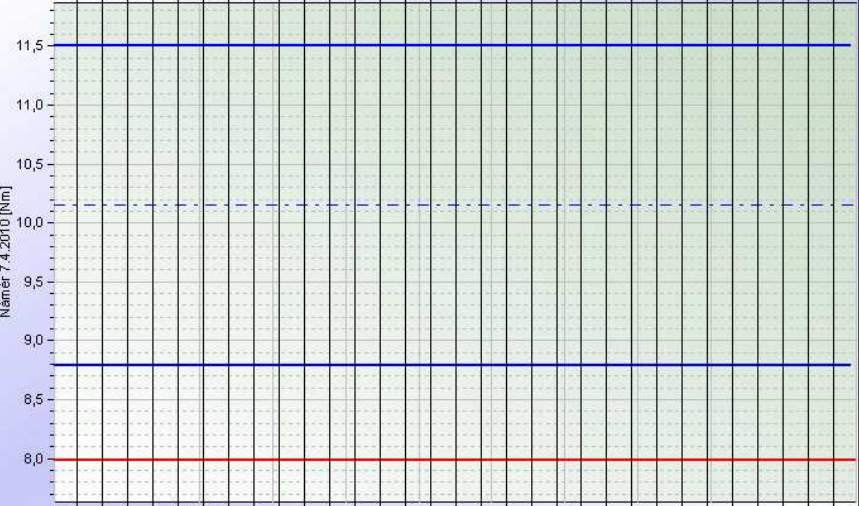
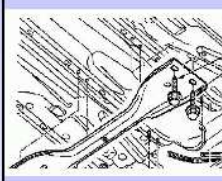
Náměr 6.4.2010 [Nm] 																																							
	Měsíční vyhodnocení Skutečnost (Nm): <table border="1"> <tr> <th colspan="3">Součet</th> </tr> <tr> <td>Pod tol.</td> <td>Vtol.</td> <td>Nad tol.</td> </tr> <tr> <td>Pod tol. %</td> <td>Vtol. %</td> <td>Nad tol. %</td> </tr> </table> Vyhodnotil:																															Součet			Pod tol.	Vtol.	Nad tol.	Pod tol. %	Vtol. %
Součet																																							
Pod tol.	Vtol.	Nad tol.																																					
Pod tol. %	Vtol. %	Nad tol. %																																					

Mimo toleranci																															
Podpis mistra																															
Datum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

7.4.2010 810/80918 Skoda_1810000ky_RDzSPC.dxf Skoda-A110 a.s. 1

Příloha E1


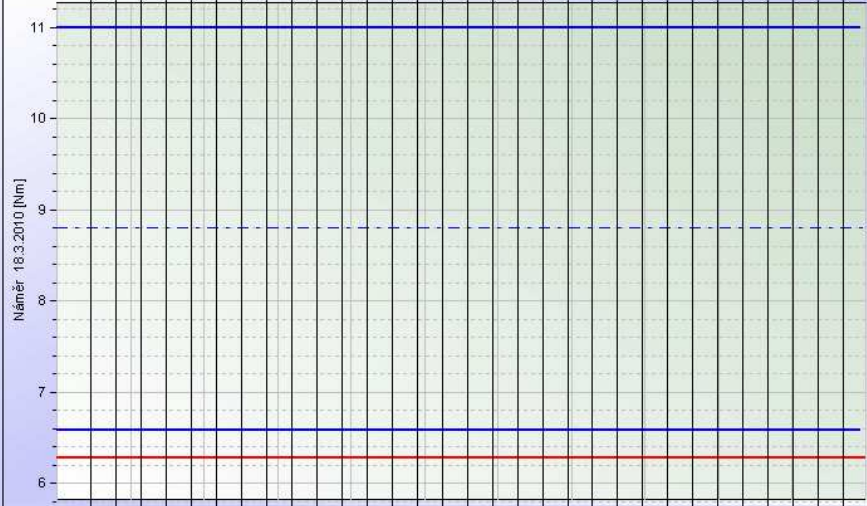

	Aktuální datum 7.4.2010		Středisko		Číslo dílu N 911 931 01		Životně důležité a dokument. spoje	D Kontrolní spoj č.:
	Směna 1 2 3		Operace	Náradí	Název dílu Střešní nosič karoserie	Počet spojů: 6		
	Kontrolor Kramar		Výkres: číslo PDM 1Z0 853	Výkres: změna	Mu: 10,0 Nm	Mkd1/Mkd2: 11,500 8,800		

Náměr 7.4.2010 [Nm] 																																							
	Měsíční vyhodnocení Skutečnost (Nm): <table border="1"> <tr> <th colspan="3">Součet</th> </tr> <tr> <td>Pod tol.</td> <td>Vtol.</td> <td>Nad tol.</td> </tr> <tr> <td>Pod tol. %</td> <td>Vtol. %</td> <td>Nad tol. %</td> </tr> </table> Vyhodnotil:																															Součet			Pod tol.	Vtol.	Nad tol.	Pod tol. %	Vtol. %
Součet																																							
Pod tol.	Vtol.	Nad tol.																																					
Pod tol. %	Vtol. %	Nad tol. %																																					

Mimo toleranci																															
Podpis mistra																															
Datum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

7.4.2010 810/80918 Skoda_1810000ky_RDzSPC.dxf Skoda-A110 a.s. 1

Příloha E2

	Aktuální datum 7.4.2010		Středisko		Číslo dílu N 100 091 10		Životně důležité a dokument. spoje	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">D</div>																								
	Směna 1 2 3		Operace	Nářadí	Název dílu Vzpěra tunelu-horní(2x)	Počet spojů: 4																										
	Kontrolor Kramar		Výkres: číslo PDM 5J0 857/308	Výkres: změna	Mu: 9,0 Nm	Mkd1/Mkd2: 11,000 6,600																										
																																
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Měsíční vyhodnocení Skutečnost (Nm): </div>																																
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Součet</div> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Pod tol.</td> <td>Vtol.</td> <td>Nad tol.</td> </tr> <tr> <td>Pod tol. %</td> <td>Vtol. %</td> <td>Nad tol. %</td> </tr> </table> </div>									Pod tol.	Vtol.	Nad tol.	Pod tol. %	Vtol. %	Nad tol. %																		
Pod tol.	Vtol.	Nad tol.																														
Pod tol. %	Vtol. %	Nad tol. %																														
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Výhodnotil: </div>																																
Mimo toleranci																																
Podpis mistra																																
Datum		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

7.4.2010
8.10.1888
Skoda_Auto\obj_R02SPC.dxf
Skoda-Auto a.s.
1